

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

На правах рукопису
УДК 004.896

До захисту допущено
В. о. завідувача кафедри ММСА

О.Л.Тимошук

«___» _____ 2020 р.

Магістерська дисертація

на здобуття ступеня магістра за спеціальністю 124 Системний аналіз
на тему: «Методи і моделі для оцінювання фінансових ризиків у банківській
сфері»

Виконав:

студент II курсу, групи КА-92мп
Благой Володимир Олегович

Керівник:

професор кафедри ММСА,
д.т.н., проф. Бідюк П. І.

Рецензент:

професор кафедри інформаційної безпеки
КПІ ім. Ігоря Сікорського,
д.т.н., проф. Архипов О. Є.

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань
Студент _____

Київ
2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
ІНСТИТУТ ПРИКЛАДНОГО СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ
КАФЕДРА МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ СИСТЕМНОГО АНАЛІЗУ

Рівень вищої освіти — другий (магістерський)
Спеціальність — 124 «Системний аналіз»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри ММСА

О. Л. Тимошук

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту Благому Володимиру Олеговичу

1. Тема дисертації: «Методи і моделі для оцінювання фінансових ризиків у банківській сфері», науковий керівник дисертації Бідюк Петро Іванович, д.т.н., професор, затверджені наказом по університету від «02» листопада 2020р. № 3182-с

2. Термін подання студентом дисертації: 13 грудня 2020 р.

3. Об'єкт дослідження: нестационарні гетероскедастичні фінансовоекономічні процеси.

4. Предмет дослідження: математичні моделі та методи опису гетероскедастичних процесів, оцінка та аналіз якості прогнозів, а також моделі оцінювання фінансових ризиків у банківській сфері, адаптивне байєсівське моделювання і прогнозування.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити:

1. Огляд предметної області та аналіз існуючих моделей та методів для прогнозування нелінійних нестационарних процесів;

2. Розробка нових підходів до прогнозування на основі використання методів регресійного аналізу;
3. Виконання обчислювальних експериментів для вирішення задачі прогнозування часових рядів фінансово-економічного ринку.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:

- 1). Постановка завдання дослідження
- 2). Методи аналізу гетероскедастичних процесів
- 3). Методологія оцінювання ринкових ризиків
- 4). Таблиці у розділі стартап-проекту

7. Дата видачі завдання: 05 вересня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації
1.	Концептуальний вступ дисертації. Формулювання об'єкта, предмета, цілі, завдань, новизни, практичної значущості результатів	18.09.2020— 20.09.2020
2.	Перший розділ. Актуальність проблеми досліджень. Існуючі результати	21.09.2020— 30.09.2020
3.	Другий розділ. Методи і підходи до моделювання і прогнозування ризиків фінансових втрат	01.10.2019— 09.11.2019
4.	Третій розділ. Побудова математичних моделей для оцінювання та прогнозування ринкових ризиків	10.11.2020— 16.11.2020
6.	Четвертий розділ. Стартап-проект	17.11.2020— 20.11.2020
7.	Висновки по роботі і перспективи подальших досліджень	21.11.2020— 26.11.2020

Студент

Благой В.О.

Науковий керівник дисертації

Бідюк П.І

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 107 с., 39 рис., 41 табл., 2 додатка, 21 джерело.

РИНКОВИЙ РИЗИК, ФІНАНСОВИЙ РИЗИК, ВОЛАТИЛЬНІСТЬ, ПРОГНОЗУВАННЯ, VAR, УМОВНА АВТОРЕГРЕСІЙНА ГЕТЕРОСКЕДАСТИЧНІСТЬ.

Об'єктом дослідження є нелінійні нестационарні процеси у фінансах, пов'язані з банківською сферою, які представлені відповідними статистичними даними стосовно їх розвитку.

Метою даної роботи є підвищення адекватності математичних моделей фінансових ризиків і якості оцінок їх прогнозів за рахунок створення нових математичних моделей.

Методами дослідження виступають теорія моделювання та прогнозування часових рядів, регресійний аналіз, статистичні методи аналізу фінансових ризиків.

Предмет дослідження – ймовірісно-статистичні та методи інтелектуального аналізу даних для моделювання і прогнозування ризиків можливих фінансових втрат; множини критеріїв для аналізу адекватності моделей та оцінювання якості прогнозів можливих втрат.

В роботі наведений огляд основних підходів оцінювання фінансових ризиків в банківській сфері. Була розглянута та проаналізована методологія VaR для оцінки рівня фінансового ризику. Наведений огляд моделей, їх особливостей при описі динаміки волатильності (дисперсії) та прогнозування її в подальшому. Було проаналізовано результати моделювання та оцінювання для обґрунтованого вибору найкращої моделі для оцінки ринкових ризиків.

ABSTRACT

The topic: Methods and models for estimating financial risks in the banking sector.

Master's thesis: 107 p., 39 figures, 41 tables, 2 supplement, 21 sources.

MARKET RISK, FINANCIAL RISK, VOLATILITY, FORECASTING, VAR, CONDITIONAL AUTOGRASIVE, HETEROSECEDATICITY.

The object of the research is non-linear non-stationary processes in finance, related to financial risks, which are presented by relevant statistics on their development.

The purpose of this work is to increase the adequacy of mathematical models of financial risks and the quality of estimates of their forecasts by creating new mathematical models.

Research methods are the theory of modeling and forecasting time series, regression analysis, statistical methods of financial risk analysis.

Subject of research - probability-statistical and methods of data mining for modeling and forecasting the risks of possible financial losses; sets of criteria for analyzing the adequacy of models and assessing the quality of forecasts of possible losses.

The paper reviews the main approaches to market risk assessment in the stock market. The VaR methodology for assessing the level of financial risk was reviewed and analyzed. An overview of the models, their features in describing the dynamics of volatility (dispersion) and forecasting it in the future. The results of modeling and evaluation of the reason for the choice of the best model for assessing market risks were analyzed.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ІСНУЮЧІ РЕЗУЛЬТАТИ	12
1.1 Задачі аналізу фінансових процесів.....	12
1.2 Стан ризик-менеджменту ринку в Україні	14
1.3 Класифікація фінансових ризиків.....	15
1.4 Методи оцінювання ризиків. Критерії адекватності моделі та оцінок..	23
1. 5 Сучасні системи для аналізу ринкових фінансових ризиків.....	37
1.6 Висновки до розділу	38
РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ І ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ФІНАНСОВИХ ВТРАТ.....	40
2.1 Передумова появи VaR і його складові. Параметричні, непараметричні методи. Метод історичного моделювання	40
2.2 Метод Монте-Карло	49
2.3 Методи інтелектуального аналізу даних.....	52
2.4 Висновки до розділу	52
РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ.....	54
3.1 Вибір процесів для оцінювання ринкових ризиків	54
3.2 Побудова математичних моделей для оцінювання ринкових ризиків та їх прогнозування	55
3.3 Висновки до розділу.....	85
РОЗДІЛ 4 СТАРТАП	86
4.1 Опис ідеї проекту.....	86
4.2 Технологічний аудит ідеї проекту	87
4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту.....	88
4.4 Розробка ринкової стратегії проекту	93
4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту.....	95

4.6 Висновки до розділу	97
ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	98
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	100
ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ	103

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

- АКФ – автокореляційна функція;
АР – авторегресія;
АРКС – авторегресія з ковзним середнім;
АРУГ – авторегресійна умовна гетероскедастичність
ЕУАРУГ – експоненційна узагальнена авторегресійна умовна
гетероскедастичність;
КС – ковзне середнє;
ММП – метод максимальної правдоподібності;
ММК – метод Монте-Карло;
МНК – метод найменших квадратів;
САПП – середня абсолютна похибка в процентах;
СКП – сума квадратів похибок;
СПП – середня похибка в процентах;
ЧАКФ – часткова автокореляційна функція;
ФР – фондовий ринок;

ВСТУП

Продуктивність будь-якої організації, пов'язаної з фінансами, у першу чергу залежить від вчасного прийняття рішень на кожному етапі діяльності. Це стосується будь-якої форми власності, що є неможливим без врахування ризиків. Для керування на будь-якому ринку акцій або цінних паперів обов'язковим є уміння аналізувати ризик, давати оцінку його ступеня та не виходити за припустимі межі. Тобто потрібно виявляти ризик та спрогнозувати його, водночас намагаючись його мінімізувати.

Що ж таке фондовий ринок?! Фондовий ринок – це сукупність економічних відносин щодо випуску та обігу цінних паперів між його учасниками. Основними видами цінних паперів, що представлені на фондовому ринку є акції й облигації та похідні від них фінансові інструменти. З фінансової точки зору, ризик – це несприятливі зміни ціни актива. Для покупця чи «бика» на ринку цінних паперів це падіння ціни інструмента, а для продавця чи «ведмедя» - непередбачуваний ріст актива.

Одна з основних проблем фінансових установ - оцінка ринкових ризиків, які виникають при постійних випадкових змінах котувань, процентних ставок, курсів обміну валют чи інших ринкових показників.

Ринкові ризики — першочергова проблема, що виникає у будь-якої фінансової компанії. Вони є наслідком коливань цін, курсів обміну валют. Питання використання і вдосконалення засобів оцінювання ризиків в Україні є актуальним і зараз. Сучасний український ринок фінансів, на жаль, не є стійким. Він не володіє швидкою реакцією на зміни ринкових показників. Головною задачею в методології оцінювання VaR частіше є відновлення щільності розподілу, оскільки величини на українському ринку не завжди розподілені за нормальним законом. Тому необхідне використання сучасніших статистичних методів та інформаційних технологій.

На сьогодні існують різноманітні технології оцінки ринкових ризиків. Наприклад, Value-at-Risk (VaR), Capital-at Risk, Maximum Loss та ін. Саме перша методологія набула максимальної популярності у фінансових колах. Це найбільш уніфікована міра ризику, визначена стандартами міжнародних організацій.

Традиційні лінійні моделі часових рядів дуже часто не враховують усі характеристики, властиві відповідним фінансовим даним та потребують розширення. Проведені дослідження помітили цілу низку специфічних особливостей часових рядів прибутковості активу, а саме відсутність автокореляції, лептокуртозис, ефект леверінжу та інші. Під «волатильністю» розуміють ступінь варіабельності розкиду змінної. Формально мірою волатильності виступає середньоквадратичне відхилення та дисперсія. Наразі запропоновано багато моделей, описуючих подібно поведінку часових рядів. Модель АРУГ, яка була запропонована у 1982 році Енглom та пізніше УАРУГ модель, що була виведена Боллерслевом у 1986 році. Ці дві моделі найчастіше використовуються на практиці. Вкрай важливо розуміти характер поведінки фінансових процесів даби вирішити виникаючі проблеми як незворотні інвестиції, структура процентних ставок по термінах та загальних динамічних співвідношеннях для цін фінансових інструментів тощо.

Перший розділ присвячен основам теоретичних та практичних аспектів ризик-менеджменту, задачам аналізу фінансових процесів. Наводиться класифікація фінансових ризиків, а також існуючі методи для оцінки параметрів дисперсії. Було викладено існуючі системні підходи до аналізу фінансових ризиків.

У другому розділі даної роботи проводиться вибір моделей для опису динаміки дисперсії та оцінки її параметрів. Описано застосування методу Монте-Карло для оцінки параметрів дисперсії. Далі, власне, йде мова про оцінювання ринкових ризиків на фондовому ринку.

Третій розділ було присвячено побудові математичних моделей для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку. Детально

проаналізовано побудову адекватних моделей для опису змін котувань на фондовому ринку з наявною гетероскедастичністю. Крім того, наводиться оцінка рівня фінансового ризику відповідних моделей, а далі – порівнюються отримані результати з метою застосування для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку.

Останній розділ роботи стосується опису стартап проекту, його аналізу.

Основні думки щодо проведеного аналізу та пропозиції відносно подальшого розвитку проєкту описуються у висновках.

РОЗДІЛ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ПРОБЛЕМИ ДОСЛІДЖЕНЬ. ІСНУЮЧІ РЕЗУЛЬТАТИ

1.1 Задачі аналізу фінансових процесів

Будь-яким фінансовим рішенням завжди властива наявність ризику. Ризик супроводжує нас завжди. Навіть такий традиційно безпечний інструмент, як банківський вклад, несе в собі певний ризик. При здійсненні фінансового аналізу на передній план виходить завдання оцінки фінансових ризиків для підприємства до максимально допустимої межі. Однак саме на фінансових ринках ризику проявляються особливо яскраво та наочно.

З фінансової точки зору, ризик - небажана зміна ціни активу. Якщо конкретніше, для покупця активу («бика») - це падіння ціни, а для продавця без покриття («ведмедя») - зростання.

Як відомо, будь-який ринковий ризик носить багатоваріантний характер. Багатогранність методів вимірювання фінансових ризиків дозволяє постійно коректувати систему економічних дій з позицій максимізації прибутку.

На даному етапі функціонування підприємств, міра впливу фінансових ризиків на результати їх діяльності і рівень фінансової безпеки невпинно зростає. Збільшення впливу фінансових ризиків суб'єктів господарювання на результати економічної діяльності викликане нестабільністю зовнішнього середовища. До нього ми відносимо економічну ситуацію в країні, появою нових інноваційних фінансових інструментів, розширення сфери фінансових стосунків, мінливість кон'юнктури фінансового ринку та низкою інших чинників. А тому ідентифікація, оцінка та відстежування рівня фінансових ризиків - одна з актуальних практичних задач в діяльності підприємств.

Фондовий ринок - це механізм, що забезпечує перенаправлення цінних паперів або грошових коштів з одного економічного сектора в інший. Іншими словами - це те місце, де відбувається обіг. Саме біржа створює всі

необхідні умови для нормального функціонування ринку і його правильної роботи [1].

Основними функціями фондових бірж є:

- а) звести продавців і покупців, так би мовити, забезпечити "місце зустрічі" зацікавлених осіб;
- б) забезпечити концентрацією вільних грошових коштів, шляхом надання інвесторам широкого вибору для інвестицій, внаслідок чого, накопичується грошова маса на біржі;
- в) розподілити кошти між різними сферами економіки.

Фондові ринки багатьох країн, об'єднуючись в єдину систему, формують міжнародну фондову біржу. Головним законодавцем фінансових течій і володарем найбільших фінансових майданчиків вважається Американський фондовий ринок та товарний ринок.

Оцінка рівня ризиків є одним з найважливіших етапів фінансового аналізу, оскільки для управління ризиком його необхідно перш за все проаналізувати і оцінити. У економічній літературі існує безліч визначення цього поняття, проте в загальному випадку під оцінкою ризиків розуміють систематичний процес виявлення чинників і видів ризиків і їх кількісну оцінку, тобто методологія аналізу ризиків поєднує взаємодоповнюючі кількісний і якісний підходи [2].

Для математичного опису можливих втрат існує множина ідеологічно різних підходів, які ґрунтуються на класичних статистичних методах та методах інтелектуального аналізу даних. Так, для оцінювання ринкових та деяких інших видів ризиків застосовують різні варіанти методики Value-at-Risk (VaR), що дає можливість отримати прийнятні за якістю результати для практичного використання. В оцінюванні кредитних ризиків знайшли застосування нелінійні моделі класифікаційного типу на основі логістичної регресії, лінійна регресія, метод опорних векторів (МОВ), дискримінантний аналіз, нечітка логіка, нейро-нечіткі моделі, методи байєсівського аналізу даних та дерева рішень, а також різноманітні комбінації згаданих методів.

При оцінці фінансових ризиків у страхуванні використовують усі згадані вище підходи, а також теорію розподілів, узагальнені лінійні моделі, регресійний аналіз, байєсівські мережі й інші моделі і методи.

Вибір того чи іншого методу опису та оцінювання ризиків визначається наявністю необхідних статистичних даних, кваліфікацією виконавців, які працюють над розв'язуванням задач фінансового аналізу, доступністю програмних засобів, необхідних для виконання обчислювальних експериментів, та об'ємом матеріального забезпечення відповідного дослідження. Досвід розв'язування задач оцінювання фінансових ризиків свідчить про те, що для досягнення високоякісних результатів необхідно застосовувати ідеологічно різні методи, порівнювати і по можливості комбінувати отримані результати.

1.2 Стан ризик-менеджменту ринку в Україні

Потреба в аналізі якісної і кількісної оцінки величини ризиків фінансового сектора виникає внаслідок наявності чіткої залежності між станом, наприклад, ринків й економічним станом країни. Так, забезпечення стабільного економічного росту та стабільності фінансового сектору неможлива без чіткого представлення про її нагальні проблеми, особливо про ризики, що виникають у процесі фінансової діяльності.

Фінансовий ризик-менеджмент в Україні перебуває в режимі становлення. З одного боку, це зумовлено особливостями політичної і економічної історії нашої країни, з низькими, порівняно з іншими країнами Східної Європи, темпами розвитку ринку. Але також потрібно звернути увагу на те, що вік фінансового ризик-менеджменту, як напрямку в науці і практиці, в Україні, так і в світі, доволі невеликий. В Україні ще лишилися ті

ж власники, що брали участь у первинному накопиченні капіталу [3]. Водночас існують країни з високорозвиненою інформаційною інфраструктурою бізнесу та досвідченими спеціалістами в області точних та комп'ютерних наук. Але технології західного ризик-менеджменту, що спрямовані на керування процесами отримання прибутку, не працюють в Україні. Причина полягає у тому, що критерієм тимчасового спекулятивного бізнесу є не прибутки, а позитивні грошові потоки, володіння якими носить незаконний характер і частіше всього без притягнення до відповідальності. Ще одна причина у тому, що їх застосовують за відсутності чіткої системи управлінського обліку, що очищає дані від величезних перекручувань бухгалтерської звітності й фальшивих угод, пов'язаних з податками. Крім того, фінансовий ринок знаходиться в залежності від держави, тому він не є динамічним і таким, що пристосовується до змін.

1.3 Класифікація фінансових ризиків

У будь-якій господарській діяльності завжди присутня небезпека фінансових втрат, які настають як наслідок тих чи інших господарських операцій. Таку небезпеку й називають фінансовим ризиком.

Фінансовий ризик — ризик, пов'язаний із ймовірністю втрати грошових коштів.

Перш за все, фінансові ризики пов'язані зі зміною на фінансовому ринку та зі змінами в економіці. Наприклад, такими змінами виступають зміна процентної ставки, курсу валют, зміна в діяльності глумі чи конкретного позичальника [4].

Особливе значення для отримання всебічної характеристики ризиків має їх науково-обґрунтована класифікація. У спеціалізованій літературі, такої як підпричники чи посібники з управління фінансами, фінансового менеджменту та інших ризики класифікують по-різному. Це свідчить про існування різноманітних підходів до створення класифікаційних схем.

Нормативна література умовно виділяє чотири види ризику:

- а) кредитний ризик;
- б) інвестиційний ризик;
- в) фінансовий ризик;
- г) гарантійний ризик.

Розглянемо класифікацію фінансових ризиків на рисунку 1.1.

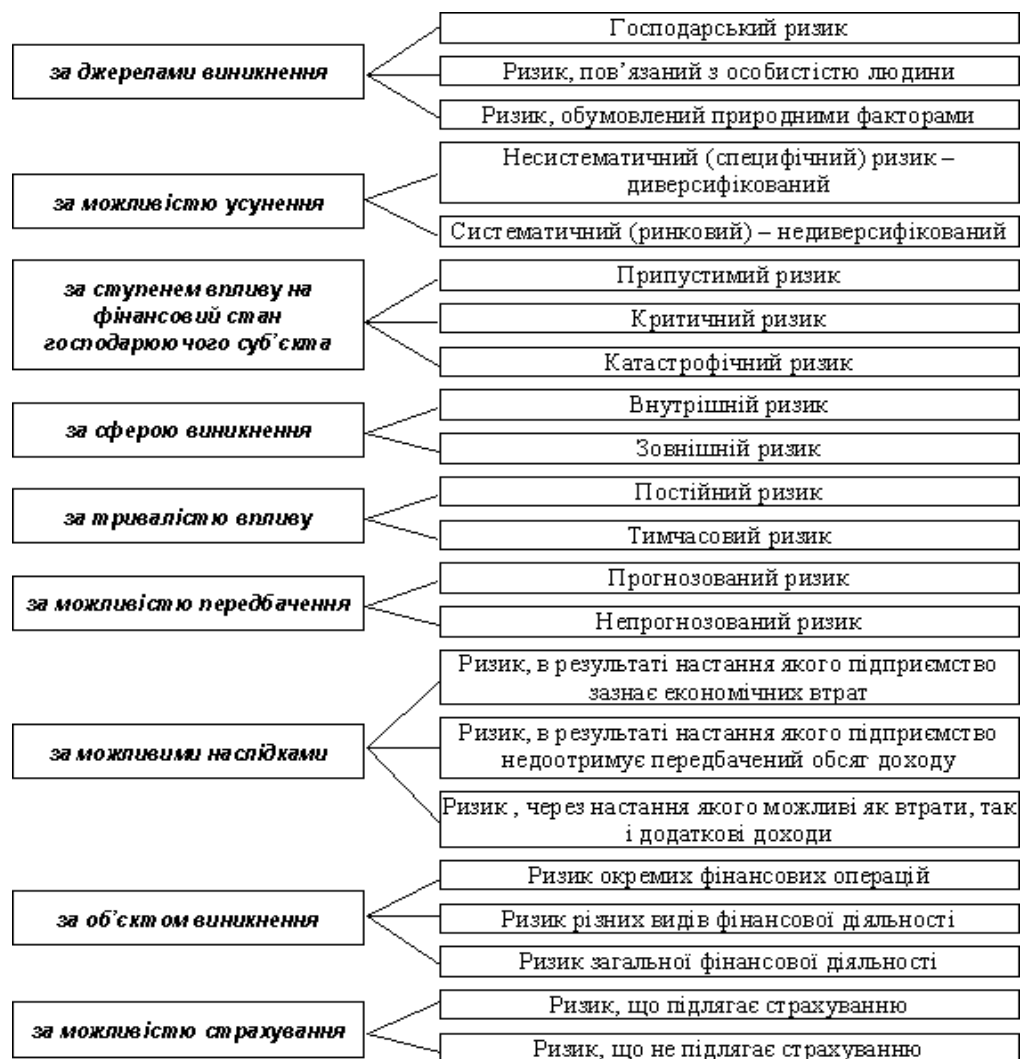


Рисунок 1.1 - Класифікація фінансових ризиків

З наведених видів ризику, які виділені за джерелами виникнення, найбільш керованим та передбачуваним є господарський ризик.

Господарський ризик - ризик, пов'язаний з веденням господарської діяльності. Часто його ще називають підприємницьким.

В загальному випадку усі підприємницькі ризики розділяють умовно на:

- а) маркетингові;
- б) ризики, пов'язані зі змінами законодавства;
- в) ризик неплатоспроможності;
- г) ризики інфляційних процесів.

Маркетинговий ризик – один з основних видів ризику в умовах ринкових відносин. Цей вид господарського ризику зумовлен невизначеністю попиту на продукцію та ставить під загрозу саме існування підприємства. Прорахунки у прогнозуванні попиту інколи носять фатальні наслідки, так як вироблена продукція не буде продана, а тому, активи, вкладені у її виробництво, не повернуться взагалі чи будуть покриті частково [5]. Як варіант, продаж продукції за нижчими за собі вартісні цінами. Упускається прибуток від реалізації тієї продукції, на яку реально існує попит.

Не менш небезпечним є ризик зміни цін. Ризик зміни цін настає при зростанні рівня цін на основні комплектуючі та послуги інших господарюючих суб'єктів, при незмінних цінах на випущену продукцію чи взагалі знецінення продукції підприємства, зниження рівня цін на продукцію підприємства при незмінних чи зростаючих цінах на матеріали та сировину, необхідну для реалізації продукції.

Комерційний ризик виникає при ускладненні при здійсненні фінансовогосподарських комерційних операцій. Наприклад, це потенційні втрати підприємства від несумлінності контрагентів чи неплатоспроможності постачальників й покупців.

Ризик втрати майна базується на тому, що матеріальні втрати підприємства можуть бути викликані двома причинами: дією непереборної сили будь-яких стихійних сил та техногенних аварій, порушеннями в процесі виробництва, експлуатації основних засобів, зберігання матеріальних цінностей.

Ризик зміни законодавства за ступенем впливу схожий з маркетинговим ризиком. В умовах перманентного законодавства цей вид ризиків набуває особливої важливості.

Неплатоспроможність настає у разі неможливості швидкого здійсненні розрахунків. В діяльності кожного підприємства можуть виникнути випадки тимчасової відсутності високоліквідних активів у необхідній кількості. Наприклад, відсутність грошових коштів у певному обсязі. Щонайменше такий стан речей призводить до втрати часу, а до більш масштабних проблем відносять додаткові витрати, такі як упущена можливість укладання вигідного контракту для підприємства чи необхідність брати кредит.

Ризик інфляційних процесів настає у ході знецінення активів підприємства.

Причини можливих негативних фінансових результатів діяльності підприємства виникають на трьох рівнях – операційному, інвестиційному та фінансовому. На цих рівнях відповідно виникають операційні, інвестиційні та фінансові ризики. Сукупний (господарський або підприємницький) ризик розраховується як сумарна величина ризиків за всіма видами діяльності. Рівень сукупного ризику підприємства знаходиться під впливом багатьох факторів.

Операційні ризики призводять до понесення збитків від основної діяльності підприємства. Це наслідок прорахунків у виробничій сфері, постачанні та збутовій політиці.

Під інвестиційним ризиком слід розуміти ймовірність виникнення фінансових втрат в процесі здійснення інвестиційної діяльності підприємства.

Серед інвестиційних ризиків виділяють два основних види. Це - ризик фінансового інвестування (ризики на ринку цінних паперів) та ризик реального інвестування (проектні ризики).

Крім того, інвестиційні ризики можна класифікувати за рівнем оцінки, причинами виникнення, видами втрат.

Ризик, пов'язаний з індивідуальним фінансовим станом інвестора підприємства, аналізується, як правило, за двома позиціями: правами, які надаються інвестору, - рівнем дивідендів, періодичністю виплат, правом голосу при вирішенні найважливіших питань стратегії, пріоритетністю вимог інвестора в порівнянні з власниками інших цінних паперів даного підприємства; ринковою позицією даної акції – її популярністю, обсягом випуску, додатковими і наступними випусками, історією обігу на ринку.

За результатами комплексного аналізу приходять до висновку про інвестиційну привабливість даного виду вкладень в порівнянні з альтернативними варіантами з позиції галузевого, внутрішньофірмового та індивідуального ризику інвестора. Оскільки такий аналіз потребує значних витрат часу, він виконується не завжди, а лише при вирішенні стратегічних задач інвестування (наприклад, при купівлі права контролю над відкритим акціонерним товариством, рейтинговій оцінці).

За видом втрат інвестиційні ризики можна поділити на: ризики втраченої вигоди – ризики настання непрямого фінансового збитку (не отриманого прибутку) в результаті нездійснення будь-якого заходу; ризики зниження доходності, які можуть виникнути в результаті зменшення розміру відсотків і дивідендів за портфельними інвестиціями; ризики прямих фінансових втрат – представляють загрозу повної або часткової втрати інвестованого капіталу в результаті неправильного вибору вкладення капіталу.

У широкому розумінні фінансові ризики найчастіше пов'язують з операційними, інвестиційними ризиками та ризиками структури капіталу; у вузькому – з ризиками, джерелом яких є фінансова діяльність підприємства, в результаті якої змінюються склад та структура капіталу (пасивів) підприємства.

Фінансові ризики - це комерційні ризики. Ризики бувають чисті і спекулятивні. Чисті ризики означають можливість отримання збитку або нульового результату. Спекулятивні ризики виражаються в можливості отримання як позитивного, так і негативного результату. Фінансові ризики - це спекулятивні ризики. Інвестор, здійснюючи венчурне вкладення капіталу, заздалегідь знає, що для нього можливі тільки два види результатів - дохід або збиток [6]. Особливістю фінансового ризику є імовірність настання збитку в результаті проведення яких-небудь операцій у фінансово-кредитній і біржовій сферах, здійснення операцій з фондовими цінними паперами, тобто ризику, який випливає з природи цих операцій. На рисунку 1.2 зображено класифікацію ризиків.

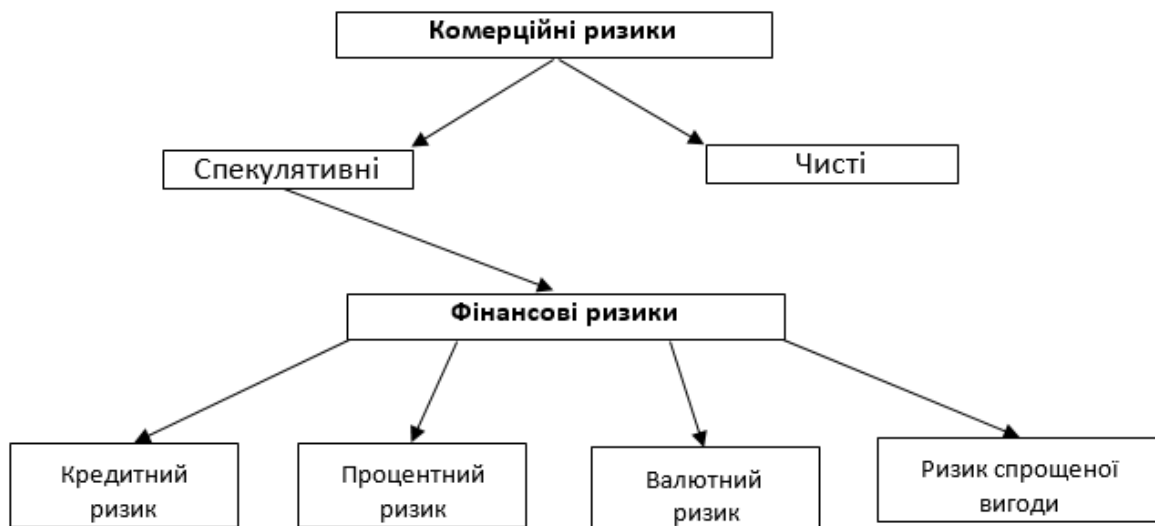


Рисунок 1.2 – Система фінансових ризиків

Вкладення в фінансові інструменти нерозривно пов'язані з ризиком настання на фондовому ринку несприятливих подій, внаслідок якого:

- а) прибуток виявиться нижче очікуваного;
- б) доходу не буде в результаті зниження вартості активу, а отже інвестор втратить частину вкладеного капіталу; фінансовий інструмент знеціниться.

Види ризиків на фондовому ринку:

- а) ціновий (товарний);
- б) валютний;
- в) процентний.

Товарний ризик на фондовому ринку - ризик зміни ціни. Це найбільш значущий для учасників фондового ринку вид ризику. Валютний та процентний ризики на ринку цінних паперів - відповідно ризики зміни валютного курсу, наприклад, при інвестиціях в іноземні активи, і відсоткової ставки.

Риски фондовому ринку за напрямом інвестування розділяють на регіональні, галузеві та країнові:

- а) Крайнові - це ризики інвестування в фінансові інструменти держав з нестабільним фондовим ринком.
- б) Галузеві - риси фондового ринку, пов'язані з особливостями конкретних галузей народного господарства.
- в) Риски фінансового оператора - можливі грошові втрати через нестабільність ринку, дії контрагента або відхилення фінансових результатів діяльності підприємства від запланованих показників.
- г) Крім того, на фондовому ринку зустрічаються технологічні ризики. Цей вид ризику пов'язують з використанням торгових систем та різного спеціалізованого програмного забезпечення.

Виділяють наступні технологічні ризики:

- а) риси невиконання зобов'язань по поставці цінних паперів;
- б) риси платежу - затримка транзакцій у зв'язку з проблемами в роботі системи розрахунків;
- в) риси функціонування клірингової системи;

- г) ризики переведення, пов'язані з неможливістю перевести продавцю цінного паперу коштів у необхідній валюті;
- д) операційні ризики.

Операційний ризик пов'язується з непрофесійною поведінкою технічних працівників та можливими програмними збоями.

Валютні ризики – це небезпека валютних втрат. Такий вид ризику виникає при зміні курсу однієї іноземної валюти по відношенню до іншої.

А ось, ризик упущеної фінансової вигоди - це ризик настання непрямого фінансового збитку, наприклад, неотримання прибутку, у результаті нездійснення якого-небудь заходу. Такого як страхування, або зупинки господарської діяльності.

Інвестування капіталу завжди супроводжується вибором варіантів інвестування та ризику. Обрання різних можливостей для вкладення капіталу дуже часто пов'язують зі значною невизначеністю.

Фінансовий ризик, як і будь-який ризик, має математично виражену ймовірність настання втрати, яка спирається на статистичні дані і може бути розрахован з досить високою точністю [7]. Аби кількісно визначити величину фінансового ризику, варто знати всі можливі наслідки будь-якої окремої дії та сама ймовірність цих наслідків.

Величина ризику або міра ризику вимірюється двома критеріями:

- а) середнім очікуваним значенням;
- б) мінливістю можливого результату.

Середнє очікуване значення - це те значення величини події, яке пов'язане з невизначеною ситуацією. Воно є середнє очікуваним значенням і виступає середньозваженим для всіх можливих результатів, де ймовірність кожного результату використовується як частота чи вага відповідного значення. Середнє очікуване значення вимірює результат, який очікується в середньому.

1.4 Методи оцінювання ризиків. Критерії адекватності моделі та оцінок

Проблема, з якою найчастіше зустрічаються усі фінансові установи, яка виникає внаслідок випадкових змін цін, курсу обміну валют — оцінка ринкових ризиків.

Ризики, що пов'язані з конкретними активами чи пасивами підприємства, не розглядаються окремо. Будь-який процес в економіці має розглядатися з точки зору його впливу на зміну доходності і ризику портфелю або сукупності активів та пасивів, бо поєднання рішень може кардинально змінити характеристики портфелю.

Портфельний підхід включає сприйняття активів та пасивів підприємства, як елементів єдиного цілого — портфелю разом з його характеристиками ризику і доходності. Це допомагає ефективно аналізувати можливості та оптимізувати параметри економічних ризиків.

Портфель — набір активів або пасивів, що являє собою актив (пасив), параметри доходності і ризику якого змінюються під впливом комбінації двох факторів:

- а) Зміна складу портфелю.
- б) Зміна ризику і доходності складових портфелю внаслідок зміни самих активів.

При керуванні портфельним ризиком виділяють наступні складові економічних відносин:

- а) Суб'єкт ризику.
- б) Об'єкт, щодо якого приймаються рішення.
- в) Оточення суб'єкта ризику і портфеля або ринок.

Суб'єкт — економічний агент або група агентів, що мають власні пріоритети та можливості. Суб'єкт вирішує задачу багатокритеріальної оптимізації портфеля, де одним із критеріїв є переваги по ризику.

Ринок — середовище портфеля і суб'єкта ризику. Це сукупність можливих варіантів портфеля, до яких може перейти суб'єкт ризику в наслідок виконання рішень, що було прийнято.

Основні елементи системи управління ризиком виконують наступні функції:

а) Визначення критерію управління на основі виявлення переваг по ризику суб'єкта ризику з вирішенням проблеми узгодження інтересів.

б) Аналіз портфеля з урахуванням кон'юнктури.

в) Оптимізація портфеля по критерію управління з застосуванням фінансової інженерії для синтезу фінансових інструментів з необхідними для управління ризиковими та іншими параметрами.

До найважливіших показників, що характеризують ризик відносять волатильність або мінливість фінансових індикаторів, та чутливість критеріїв діяльності до їх наслідків. Звідси можна запропонувати два методи виміру ризиків: показники чутливості і статистичні величини.

Іншими показниками ризиків — це непрямі показники: рейтинги цінних паперів, ринків, держав тощо. Вони характеризують ризики активів статистичними або експертними оцінками.

Серед мір ризиків чільне місце займають ймовірність подій, які є небажаними для суб'єкта ризику, параметри їх розподілів. Наприклад це ймовірність дефолту, що відображає міру упевненості у тому, що капіталу підприємства буде недостатньо для задоволення потреб кредиторів.

За випадкову змінну при вимірі ринкового ризику зазвичай приймають дохідність фінансового активу [8]. Нехай ми маємо місячний період. Арифметична або дискретна доходність, r — приріст вартості активу P обчислюється за наступним виразом:

$$r_i = \frac{P_i - P_{i-1}}{P_i}, \quad (1.1)$$

де P_i — доходи на кінець поточного місяця;

P_{i-1} — доходи на кінець попереднього місяця.

Для випадку довгострокових періодів застосовується геометрична дохідність x , яка є натуральним логарифмом співвідношення цін.

$$x_i = \ln\left(\frac{P_i}{P_{i-1}}\right). \quad (1.2)$$

Плюси у використанні геометричної доходності доволі неоднозначні. З одного боку, вона може бути економічно більш змістовною, ніж арифметична доходність. Якщо геометрична дохідність має нормальний закон розподіл, то розподіл ніколи не приведе до від'ємної ціни, бо лівий хвіст розподілу логарифмів відношень цін прямує до $-\infty$ при прямуванні до нуля відношення цін. А в лівому хвості нормально розподіленої арифметичної доходності величина прямує до $-\infty$ при від'ємній поточній ціні, що є взагалі неможливим з економічної точки зору.

Друга перевага геометричної доходності полягає у тому, що вона доволі легко приймається для множини періодів. Припустимо, що нас є доходність за двомісячний інтервал часу. Геометричну доходність можна запросто представити як суму двох одномісячних доходностей. Різниця між арифметичною й геометричною доходністю є дуже малою.

Нехай ми маємо наступне:

$$x_i = \ln\left(\frac{P_i}{P_{i-1}}\right) = \ln(1+r_i). \quad (1.3)$$

Якщо r_i достатньо мале, то x_i можна розкласти в ряд Тейлора наступного вигляду:

$$x_i = r_i - \frac{r_i^2}{2} + \frac{r_i^3}{3} - \dots = r_i. \quad (1.4)$$

Але якщо часовим горизонтом є рік або ринок виконує великі скачки, то геометрична і арифметична доходності суттєво відрізняться.

На практиці розподіл доходностей оцінюють за ретроспективою, з припущенням, що спостереження ідентичні і незалежно розподілені. При N — кількості спостережень, очікувана дохідність m може бути оцінена середньою \bar{x} , а ризик — оцінкою дисперсії.

Квадратний корінь з дисперсії — волатильність

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}. \quad (1.5)$$

Дана величина є розсіюванням значень доходності відносно очікуваного рівня.

На практиці дуже часто ототожнюють поняття стандартного відхилення і волатильності. Але стандартне відхилення не є глобальною характеристикою волатильності. Волатильність ринкового показника відображується в динаміці значень даного показника і може бути описана статистичним розподілом даної величини. Потрібно не забувати, що невизначеність ризику характеризують не певні показники розподілу, а сам розподіл. Тому вибір оцінки волатильності повинен відбуватися з урахуванням особливостей розподілу даних й задачі, що аналізується.

Тобто волатильність — характеристика, що визначає мінливість фінансових результатів від використання деякого інструмента. Часові інтервали можуть бути доволі різними. Внаслідок цього з'являється проблема агрегування — знаходження волатильності й очікуваної доходності для різних періодів. Для цього застосовують припущення про ефективність ринку: поточна ціна враховує важливу інформацію про актив у поточний момент часу, ціни змінюються під впливом новин, які не були прогнозовані, тому кореляція у часі між цінами дорівнює нулю.

При побудові будь-якої математичної моделі для прогнозу, питання про ефективність використання моделювання волатильності та обчислення VaR вирішується лише після того, як модель буде схожою за досліджуваним процесом. Без сумніву, абсолютної точності моделі за процесом досягти взагалі неможливо, тому адекватність зазвичай носить чисто умовний характер. Тому коли йде мова про адекватність, то мається на увазі не безпосередньо до самої моделі, а до деяких властивостей, які вважаються суттєвими.

Критерії адекватності моделі дають можливість надати оцінки значущості параметрів математичної моделі в статистичному сенсі, знайти інтегральну помилку моделі щодо часового ряду, що досліджується, виявлення кореляції між залишками моделі, а також оцінити рівень адекватності моделі у відношенні до досліджуваного процесу. У дану множину входять наступні параметри:

A. t - статистика Стюдента

Значущість параметра регресії в статистичному розумінні встановлюють за допомогою t-статистики [9]. Вона обчислюється зазвичай усіма пакетами статистичної обробки за наступною формулою:

$$t_a = \frac{a - a_0}{SE_a}, \quad (1.6)$$

де a — оцінка параметра, що була отримана пакетом;

a_0 — нуль-гіпотеза щодо значення параметра (зазвичай значення беруть нульовим);

SE_a — стандартна помилка оцінка параметра, що була обчислена пакетом.

Зі зменшенням значення стандартної помилки, оцінка параметра моделі стає набагато кращою.

Для того, щоб перевірити значущість оцінки параметра моделі, потрібно знати про розмірність вибірки N ; кількість параметрів, що оцінюються, p ; і визначити рівень значущості α . При рівні значущості, рівному 0.05, мається на увазі, що ,при оцінюванні параметрів моделі, ми схилиємося до думки, що неправильне прийняття рішень щодо значущості оцінок можливе лише у 5% випадків. Параметри дозволяють обрати за таблицею значення $t_{\text{крит}}$.

Якщо

$$|t_a| < t_{\text{крит}},$$

то нуль-гіпотеза про незначущість параметрі моделі приймається; в іншому випадку вона відхиляється і параметр вважається значущим. Так як значення статистики t_a обернено пропорційне стандартній помилці SE_a , то зі збільшенням t_a зростає значущість певного параметра.

В. Сума квадратів похибок моделі:

$$SSE = \sum_{k=1}^N [y'(k) - y(k)]^2, \quad (1.7)$$

де $y'(k) = a'_0 + a'_1 y'(k-1) + a'_2 y'(k-2) + b'_1 x(k) + b'_2 z(k)$;

$y(k)$ — вимірювання;

N — розмірність вибірки.

Легко побачити, що модель вважається найкращою, якщо SSE має найменше значення.

С. Коефіцієнт детермінації R^2

Як правило в якості інформативності часового ряду застосовують його дисперсію. Коефіцієнт R^2 — відношення дисперсії часового ряду, яка була отримана внаслідок побудови моделі, до дисперсії ряду, що досліджується.

Формула його обчислення має наступний вигляд:

$$R^2 = \frac{\text{var}(y')}{\text{var}(y)}. \quad (1.8)$$

У випадку найкращої моделі коефіцієнт детермінації завжди прямує до одиниці, тобто

$$R^2 \rightarrow 1.$$

Д. Інформаційний критерій Акайке (AIC)

Даний критерій включає в себе суму квадратів похибок, виміри N і кількість параметрів моделі p , що оцінюються:

$$\text{AIC} = N \ln \left[\sum_{k=1}^N e^2(k) \right] + 2 * p. \quad (1.9)$$

Для випадку адекватної моделі критерій містить мінімальне значення, так як він залежить від суми квадратів похибок. Але крім цього, критерій включає в себе також розмірність ряду та кількість параметрів, що були оцінені [10]. Усе це робить наведений критерій більш інформативним.

Е. Статистика Фішера F , що дозволяє оцінити ступінь адекватності в загальному сенсі.

Умова адекватності згідно критерію:

$$F > F_{\text{крит}},$$

де $F_{\text{крит}}$ знаходиться так само як і у випадку t -статистики за таблицею.

Значення F дорівнює:

$$R^2 / (1 - R^2), \quad (1.10)$$

де R^2 — коефіцієнт детермінації.

Тобто, модель більшого степеня адекватності відповідає більшому значенню статистики Фішера.

F. Статистика Дарбіна-Уотсона (Durbin-Watson). Статистика Дарбіна-Уотсона обчислюється наступним чином:

$$DW = 2 - 2 * \rho, \quad (1.11)$$

де ρ — коефіцієнт кореляції між сусідніми значеннями випадкової змінної

$$\rho = \text{cov}[e(k)] = E[e(k)e(k-1)]. \quad (1.12)$$

Даний параметр дає можливість знайти ступінь корельованості між похибками моделі [11]. Якщо кореляція між похибками відсутня взагалі, то

$$DW = 2.$$

Це свідчить про прийняте значення даного параметра.

G. Коефіцієнт Тейла

Даний критерій є доволі важливим показником точності моделі та її сумісності:

$$U = \frac{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2}}{\sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i)^2 + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y'_i)^2}} \quad (1.13)$$

Згідно вище формули, область значення величини знаходиться в межах інтервалу від 0 до 1.

Якщо

$$U = 1,$$

то модель не використовуватиметься для прогнозу. Значення, що були отримані за побудованою моделлю, та дані вихідного ряду некорельовані.

При

$$U=0,$$

дані, що були спрогнозовані, співпадають з даними вихідного ряду. У цьому випадку модель описує дані ідеально.

Коефіцієнт Тейла можна розкласти у вигляді суми відношень упередженості U^M , відношення варіацій U^S та коваріацій U^C .

Відношення упередженості U^M

$$U^M = \frac{(y_i - y'_i)^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2} \quad (1.14)$$

застосовують для тестування на наявність систематичних відхилень для середніх дійсних значень та значень, що прогнозуються [12]. Тобто воно дозволяє відповісти на наступне питання: “Чи постійно модель завищує прогноз?”. Модель вважають адекватною, якщо величина U^M є меншою. Якщо

$$U^M = 0,$$

то упередженість відсутня і модель є високоякісною.

Відношення варіацій U^S

$$U^S = \frac{(\sigma_{\text{actual}} - \sigma_{\text{fitted}})^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2} \quad (1.15)$$

застосовують для тестування моделі на наявність задовільних властивостей для поглинання варіацій дійсних рядів. Для прикладу, модель може надавати суттєво менші коливання, ніж ті, що спостерігаються у досліджуваному ряді. Так само задовільною умовою для даного відношення є

$$U^S = 0.$$

Відношення коваріацій U^C

$$U^C = \frac{2 * (1 - \rho)(\sigma_{\text{actual}} - \sigma_{\text{fitted}})^2}{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - y'_i)^2} \quad (1.16)$$

застосовують для тестування на наявність корельованості між прогнозованими і вихідними значеннями. Значення

$$U^C = 0$$

вказує на те, що між прогнозованими і досліджуваними значеннями наявна корельованість.

Усі три статистики пов'язані між собою відповідною рівністю:

$$U^C + U^M + U^S = 1 \quad (1.17)$$

Крім перевірки прогнозованої моделі на адекватність, доволі важливим етапом при самому прогнозуванні є оцінка якості одержаного прогнозу. Так як величини, що прогнозуються, є випадковими, то потрібно використовувати для них деякі статистичні критерії.

Н. Дисперсія і стандартне відхилення прогнозу

Найчастіше трапляються випадки, що сума похибок прогнозів дорівнює нулю, бо похибки містять різні знаки, через що необхідно застосовувати інші величини для вимірювання похибки. Міру розсіювання значень величини відносно її середнього вимірюють за допомогою стандартного відхилення $\sigma(k)$, що дорівнює квадратному кореню з дисперсії.

Стандартне відхилення обчислюється наступним чином:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{k=1}^N [y(k) - y'(k)]^2} \quad (1.18)$$

де $y(k)$ — фактичне значення змінної;

$y'(k)$ — прогноз.

Стандартне відхилення залишків — один із найпріоритетніших показників якості прогнозу. Цю статистичну характеристику дуже часто використовують, оскільки її вона є доволі корисною при аналізі процесів різноманітної природи. Так як дисперсія — характеристика квадратична, то при її обчисленні не спостерігається компенсація відхилень значень від середнього [13]. При малому горизонті прогнозування можна висувати пропозицію, що майбутнє значення показника, що прогнозується, точно потрапить в інтервал, що визначається як два стандартних відхилення за модулем від обчисленого прогнозованого значення.

I. Середнє абсолютне значення похибки

Обчислення середнього абсолютного значення похибки (САП) базується на виразі експоненціального середнього і наступний вигляд:

$$\begin{aligned} \text{САП}(k) &= \alpha |y(k) - y'(k)| + (1 - \alpha) \text{САП}(k - 1) = \\ &= \alpha |e(k)| + (1 - \alpha) \text{САП}(k - 1) \end{aligned} \quad (1.19)$$

де $0 < \alpha < 1$;

$e(k)$ — похибка прогнозу. Тут середнє абсолютне значення є завжди невід'ємним.

Інший метод обчислення САП :

$$\text{САП} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N |y(k) - y'(k,k)|. \quad (1.20)$$

Зазвичай середню абсолютну похибку та її стандартне відхилення використовують для оцінки якості прогнозу одночасно.

І. Середній квадрат похибки і сума квадратів похибок

У випадку, коли середній квадрат похибок (СКП) обчислюється у поширеному випадку прогнозування на один крок за розмірності ряду N , то СКП обчислюється за наступною формулою:

$$\text{СКП} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - y'(k)]^2. \quad (1.21)$$

Якщо прогноз роблять на s кроків відносно моменту часу k , то СКП визначається наступним чином:

$$\text{СКП} = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s [y(k+i) - y'(k+i,k)]^2. \quad (1.22)$$

Дійсно, дані формули схожі між собою, але кожна з них чітко показує тип прогнозу.

Більшість пакетів для побудови математичних та статистичних розрахунків обчислюють суму квадратів похибок за окремою формулою:

$$\text{СмКП} = \sum_{k=1}^N [y(k) - y'(k)]^2. \quad (1.23)$$

СКП і СМКП є тими критеріями, які найчастіше застосовують при порівнянні моделей та виборі кращої моделі для прогнозування [14]. Але, на жаль, їх не достатньо для повного аналізу результатів.

К. Середня абсолютна похибка в процентах

Середня абсолютна похибка в процентах (САПП) — середнє абсолютних значень похибок оцінок прогнозу в процентах щодо дійсного значення:

$$\text{САПП} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|y(k) - \hat{y}(k)|}{|y(k)|} \times 100\% = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|e(k)|}{|y(k)|} \times 100\%,$$

або якщо прогноз роблять на s кроків відносно k - го моменту:

$$\text{САПП} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|y(k) - \hat{y}'(k)|}{|y(k)|} \times 100\% = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \frac{|e(k)|}{|y(k)|} \times 100\%$$

Так як дана формула характеризує відносну якість прогнозу, то її найчастіше застосовують для порівняння точності прогнозів різнорідних процесів прогнозування. Але з іншого боку, вона є корисною у випадку порівняльного аналізу якості прогнозування одного й самого процесу, але за допомогою різних моделей, бо відносна міра є чіткою й зрозумілою як для дослідника так і для практичного користувача.

Л. Середня похибка(СП) і середня похибка в процентах(СПП)

Середня похибка — це не відносний показник, вона характеризує ступінь зміщення прогнозованих значень від фактичних і розраховується за формулою:

$$\text{СП} = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N [y(k) - \hat{y}'(k)] = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N e(k), \quad (1.24)$$

або

$$СП = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s [y(k+s) - y'(k+s, k)]. \quad (1.25)$$

Легко побачити, що СП буде зменшуватися, якщо похибки матимуть різні знаки.

Середню похибку в процентах (СПП) знаходять за наступною формулою:

$$СП = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s [y(k+s) - y'(k+s, k)] \quad (1.26)$$

або

$$СПП = \frac{1}{s} \sum_{k=1}^s \frac{[y(k+s) - y'(k+s, k)]}{y(k+s)} \times 100\%. \quad (1.27)$$

СПП також характеризує зміщеність оцінок прогнозів. Якщо втрати при прогнозуванні, зв'язані з завищенням фактичного майбутнього значення, врівноважуються заниженням, то ідеальний прогноз має бути незміщеним. Тоді СП і СПП мають прямувати до нуля [15]. Безумовно, нуль — це ідеальне значення і досягти такого значення, як правило, неможливо. Емпірично встановлено, що прийнятними значеннями для СПП (як і для САПП) є

$$СПП(САПП) \leq 5\%.$$

Сутність якості моделі полягає у тому, як вона може прогнозувати зміну напряму деякого процесу з заданою точністю. Можливі випадки, коли модель має доволі точну високу точність відтворення ряду, але погано прогнозувати тренди або цикли. Буває модель є менш точною, але характеризується кращими динамічними властивостями. Тобто потрібно

постійно шукати компроміс між якістю моделі та динамічними властивостями ряду.

Окремим критерієм якості моделі є чутливість до початкового періоду імітаційного моделювання. Якщо модель створює результати, які можна віднести до тих, які є інваріантними до початкових умов, то модель вважається хорошою. Інакше, коли результати імітаційного моделювання залежать від початкових умов, то припускають, що модель може бути неякісною. Так, модель характеризується деяким типом нестационарності.

1. 5 Сучасні системи для аналізу ринкових фінансових ризиків

Сьогодні використання різноманітних методик прогнозування важко уявити без застосування спеціально створеного для них програмного забезпечення. Але серйозним завданням постає рішення щодо використання потрібного пакету для моделювання волатильності. Звісно, виникає бажання володіти системою, що дозволяла би працювати з часовими рядами будь-якої розмірності з застосуванням різноманітних методик. Водночас виникає потреба мінімізувати складність усієї роботи.

Gretl — один з найбільш відомих та використовуваних пакетів в області економетрики та аналізу часових рядів.

На початку роботи користувач має вказати тип даних, для яких проводитиметься аналіз, і створити робочий файл, в якому він буде працювати. Gretl запропонує користувачу задати розмірність ряду, вказати тип даних: квартальні, щомісячні, щоденні або недатовані. Для ефективної роботи з часовим рядом рекомендується імпортувати файли формату *.txt або *.csv.

Даний пакет дозволяє легко та швидко візуалізувати дані за допомогою графіків та корелограм. Усі статистичні характеристики, що стосуються досліджуваної вибірки, можна легко переглянути за допомогою команд.

Що є найбільш важливим, Gretl дає можливість вирішувати задачі регресійного аналізу, будувати математичні моделі стаціонарних і нестаціонарних процесів.

Даний статистичний пакет включає усі можливі методи для проведення аналізу даних та володіє можливістю легко взаємодіяти з іншими програмними забезпеченнями. Gretl дуже добре підходить для досліджень у випадку аналізу мікроекономічних та макроекономічних процесів, прогнозу цін на акцій та облігацій або курсу валют.

Функціонал Gretl дозволяє швидко отримати статистичні критерії за вихідним рядом даних і дає можливість екстраполювати значення показника, що досліджується, залежно від задачі або проблеми, що розглядається. Але, на жаль, пакет характеризується наступними недоліками. У ньому дуже багато функцій, які характеризуються низькою значущістю. Інтерфейс програми не є інтуїтивним, тому для повної роботи до нього потрібно звикнути. У Gretl відсутні деякі методи, що дозволяють вирішувати задачі більш швидко, наприклад Рекурентний метод найменших квадратів (РМНК) [16]. Тому у зв'язку з цим виникає необхідність створення такого програмного забезпечення, яке має змогу вирішувати усі перелічені недоліки.

1.6 Висновки до розділу

Поточний статус ризик-менеджменту в Україні перебуває у стані, що розвивається. На даний момент його труднощі пов'язані з проблемами країни у сфері економіки, постійне державне втручання.

Задача керування ринковими ризиками є доволі складною і заслуговує значної уваги. Питання їх оцінювання є основних проблем у ризик-менеджменті. Усі моделі базуються на обчисленні VaR, що дає можливість оцінити ступінь ризику будь-якої компанії.

Ще також було розглянуто перелік статистичних критеріїв, що дозволяють перевірити побудовану математичну модель та її прогноз на адекватність.

Огляд статистичного пакету Gretl показав, що його функціонал недостатньо розвинений і він не є повністю зрозумілий кожному користувачу. У зв'язку з цим виникає потреба створити програмного забезпечення, щоб вона була зрозуміла кожному користувачу, сумісною з будь-якою операційною системою та могла б ефективно проводити аналіз ринкових ризиків.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИ І ПІДХОДИ ДО МОДЕЛЮВАННЯ І ПРОГНОЗУВАННЯ РИЗИКІВ ФІНАНСОВИХ ВТРАТ

2.1 Передумова появи VaR і його складові. Параметричні, непараметричні методи. Метод історичного моделювання

Міри ризику, що були розглянуті, мають такі недоліки:

- а) Більшість з них не може бути об'єднана в один показник такого ж типу однаковим чином до всіх факторів ризику.
- б) Звичайні міри ризику не знаходять “капітал під ризиком”, тобто компенсувати втрати, що були спричинені деяким типом ризику. Як наслідок, важко застосувати аналіз якості управління портфелем з урахуванням ризику.
- в) Міри оцінювання ризику доволі погано дозволяють погано контролювати ризики. Ліміти позицій є найчастіше неефективними.

Усе це є свідченням про популярність, якою в управлінні ризиками користується підхід до оцінювання за допомогою показника “вартості під ризиком”, який достатньо добре вирішує проблему.

VaR — оцінка величини можливих втрат у грошових одиницях, яку не перевищать протягом даного періоду втрати з заданою ймовірністю.

Нехай є портфель відкритих позицій. VaR портфеля для даного довірчого рівня і даного періоду підтримки позиції t , визначається, як таке значення, яке забезпечує покриття можливих втрат x власника портфеля за час t з ймовірністю :

$$P(\text{VaR} \geq x) = 1 - \alpha \quad (2.1)$$

Таким чином, VaR для портфеля — найбільш очікуваний збиток, що спричинений коливанням цін на фінансових ринках, і який розраховується з урахуванням таких величин:

- а) на визначений майбутній період;
- б) з апріорі встановленою ймовірністю його перевищення;
- в) за умови гіпотези про характер поведінки ринку.

Для VaR властиві такі чисельні характеристики:

а) Очікувана кількість ризику, що може бути обчислена як абсолютне значення або відсоткове відношення до значення показника на певну дату.

б) Часовий горизонт: очікувана кількість ризику, тобто час, за який може бути реалізований на ринку даний інструмент без суттєвих втрат. Зазвичай за горизонт беруть день, тиждень або місяць.

в) Глибина періоду розрахунку — об'єм ретроспективних або штучно змодельованих даних, за допомогою яких обчислюється оцінка.

г) Рівень довіри — ймовірність, з якою найбільші збитки не будуть перевищувати очікуваної кількості ризику. Визначається, залежно від переваг за ризиками. Наприклад, Базельський комітет з банківського нагляду рекомендує рівень довіри – 99%, на який орієнтуються наглядові органи, на практиці, найбільш популярний рівень довіри — 95%.

Таким чином, формула (2.1) означає, що величина ризику VaR перевищить реальну величину ризику x за часовий горизонт t з ймовірністю α [17].

Розрізняють дві групи методів оцінки VaR.

Параметричні методи.

Параметричний метод включає в себе аналітичне обчислення необхідної оцінки ризику за статистичною моделлю фінансового результату портфелю. Його дві складові:

а) модель залежності вартості фінансового результату портфелю від змін факторів ризику;

б) модель волатильностей і кореляцій факторів ризику.

До параметричних методів оцінки VaR відносять такі:

а) дельта-нормальний VaR;

б) дельта-гама VaR.

Найбільшого визнання здобув дельта-нормальний VaR.

Дельта-нормальний метод розрахунку VaR дає можливість отримати оцінку VaR в замкнутому вигляді. В його основі лежить припущення про нормальний закон розподілу логарифмічних доходностей факторів ринкового ризику, від яких залежить вартість більш складних фінансових інструментів, позицій і портфеля в цілому:

$$r_i = \ln \left(\frac{P_t}{P_{t-1}} \right) \sim N(\mu, \sigma^2). \quad (2.2)$$

Гіпотеза про нормальний закон розподілу факторів ризику полегшує знаходження величини VaR, тому що розподіл доходностей інструментів, які є лінійними комбінаціями факторів ризику, також буде нормальним.

При нормально розподіленій випадковій величині довірчий інтервал $(1 - \alpha)$ завжди характеризується єдиним параметром — квантиля, $k_{1-\alpha}$, що показує позицію шуканого значення випадкової величини відносно середнього $M([r_t])$, що виражене в кількості стандартних відхилень доходності портфеля (σ_t) [18].

Розглянемо позицію лише одного активу. Відомо, що розмір добового прибутку або збитку такої одиничної позиції буде дорівнювати зміні ціни цього активу за цю добу. Тоді найменша очікувана ціна наступної доби з апріорі встановленою ймовірністю $(1 - \alpha)$ буде дорівнювати:

$$P_{t+1} = P_t e^{M[r_t] - k_{1-\alpha} \sigma_t}. \quad (2.3)$$

Вважаємо, що математичне сподівання добової доходності дорівнює нулю.

Ціна може бути визначена як за історичними даними з врахуванням варіації ризику у часі, так і з припустимих волатильностей або за комбінацією двох підходів.

VaR — найбільш очікуване значення змінної за день, що визначається за формулою:

$$\text{VaR} = P_t(e^{-k_{1-\alpha}\sigma_t} - 1). \quad (2.4)$$

Зазвичай величину

$$e^{-k_{1-\alpha}\sigma_t} - 1$$

заміняють на значення апроксимації

$$-k_{1-\alpha}\sigma_t.$$

Дане лінійне наближення для малих σ_t базується на розкладі функції у ряд Тейлора. Зазвичай знаком “мінус” нехтують і працюють з абсолютним значенням величини VaR.

Для позиції з декількох інструментів для одного фактора ризику, VaR з часовим горизонтом T днів і довірчим інтервалом $(1 - \alpha)$ може бути знайдена так:

$$\text{VaR} = k_{1-\alpha} V \sigma_t \sqrt{T}, \quad (2.5)$$

де V — поточна вартість позиції.

Звідси приходимо до висновку, що головною проблемою при обчисленні VaR за допомогою дельта-нормального методу є знаходження волатильності доходності інструмента. Оцінку волатильності доходності можна оцінити за історичними даними за допомогою вибіркової дисперсії, або з застосуванням моделей урахування варіації (динаміки) дисперсії у часі.

Експоненційна волатильність являє собою аналог простої волатильності — випадкового руху цін, що інтерпретується, як білий шум. При обчисленні стандартного відхилення дані історичної вибірки включаються в розрахунок з ваговими коефіцієнтами, що збільшують вагу попереднього руху цін порівняно з минулим рухом [19]. Рекурентна формула для експоненційної волатильності має такий вигляд:

$$\sigma_t = \epsilon_t; \\ \sigma_t = \sqrt{\lambda * \epsilon_t + (1 - \lambda) * \sigma_{t-1}^2}; \quad (2.6)$$

де ϵ_t — випадкова змінна за i -й інтервал;

λ — коефіцієнт згладжування або ступінь впливу на волатильність останньої змін цін відносно попередніх оцінок.

Експоненційна волатильність не залежить від різких змін по можливості виходу з вибірки старих різких змін цін.

Дельта-нормальний підхід для VaR пов'язаний з сучасною теорією портфеля цінних паперів, де дисперсія виступає в ролі ринкового ризику. Тут волатильність доходності застосовують для обчислення зручнішої оцінки ризику — найбільш очікуваний збиток.

Для розрахунку VaR дельта-нормальним засобом вартості портфельних інструментів у першу чергу мають бути представлені як аналітична залежність від якогось набору факторів ринкового ризику.

Їх логарифмічні зміни розподілені за гаусівським законом з нульовим математичним сподіванням:

$$r_i \sim N(0, \Sigma), \quad (2.7)$$

де Σ — матриця коваріацій доходностей факторів ризику.

Звернемо увагу, що матрицю коваріацій доходностей можна зобразити наступним чином:

$$\Sigma = \xi^T \Omega \xi = D \Omega D, \quad (2.8)$$

де ξ — вектор-стовпець доходностей факторів ризику

Ω — кореляційна матриця;

D — діагональна матриця волатильностей [20]. На головній діагоналі розташовані волатильності доходностей активів, а на інших — нулі.

Задача вибору множини факторів ризику, яка б повною мірою показувала гіпотетичні джерела ризику і була б раціонально обмеженою, є окремою проблемою, що зазвичай розв'язується за допомогою евристик. Залежно від степеню факторів ризику розрізняють однофакторні та багатофакторні інструменти.

Формально набір факторів задає звичайний векторний простір, де портфель відображається як вектор, що зображує лінійну чутливість вартості портфеля до змін факторів ризику. Це має назву Var-відображення портфеля. Знаходження факторів ризику, що мають найбільший вплив, та побудова VaR-відображення є найважливішим етапом для дельта-нормального методу і носить назву декомпозиції портфеля за факторами ризику (risk mapping). Елементами VaR-відображення в багатовимірному просторі факторів ризику є ступінь чутливості позицій до зміни факторів ризику. Показники дозволяють обчислювати дисперсію змін вартості портфеля через відомі дисперсії й кореляційні моменти доходностей факторів ризику. В залежності

від порядку перетворень доходностей у грошові величини під час обчислення дисперсії змін вартості портфеля є ймовірність появи декількох схожих варіантів дельта-нормального підходу, що, як наслідок, дає один і той же результат.

Розглянемо підхід, що включає в себе “розклад” портфелю як спрощена сукупність стандартних позицій, де кожна з них — функція одного фактора ризику, як і портфель. Вартість даного портфеля містить в собі вартості стандартних позицій. Вона не дорівнюватиме вартості вихідного портфеля:

$$V = \sum_{i=1}^n X_i \neq V \quad (2.9)$$

Можна знайти значення кожної однофакторної позиції та індивідуальне PvaR. Але ринковий ризик портфеля не дорівнює прямій сумі ризиків або його складових позицій, оскільки кореляції між цінами інструментів відмінні від одиниці. Через це ризики кожної позиції додають з урахуванням кореляції. За таким способом можна отримати представлення стану ризику, як окремих позицій, так і портфеля.

Формула розрахунку VaR портфеля:

$$VaR = \sqrt{P VaR^T \Omega P VaR} \quad (2.10)$$

Плюси дельта нормального підходу:

- а) Відносна простота реалізації.
- б) Малі втрати на збір поточних даних.
- в) Допустима точність оцінки VaR у більшості випадків практичного застосування.

г) Мінуси дельта нормального підходу.

- д) Низька точність оцінки ризику нелінійних інструментів у зв'язку з недоліком чутливості нелінійних інструментів до факторів ризику.

е) У випадку розподілів доходностей більшості фінансових активів характерні відхилення на краях розподілу щільності розподілу ймовірностей від нормального розподілу. Як результат, оцінки VaR, що були обчислені за Гаусівським законом, виявляються завищеними або заниженими.

ж) Нехтування ризику ринкових подій, що можуть призводити до аномальних збитків і не є доволі частими, щоб бути відображеними в останніх історичних даних.

Непараметричні методи.

До даної групи належать методи, в яких функція розподілу не визначається скінченною кількістю параметрів. Тобто мається на увазі, що відбувається повне пере-обчислення вартості фінансового інструмента без наближених гіпотез.

До непараметричних методів належать:

- а) метод історичного моделювання;
- б) метод імітаційного моделювання Монте-Карло.

Спільною характеристикою для обох методів є те, що потрібно будувати емпіричну функцію розподілу майбутніх змін цін.

Метод історичного моделювання.

Суть даного методу полягає у використанні для оцінювання дійсних історичних значень часового ряду аналізованої випадкової змінної. Алгоритм складається з таких пунктів:

- 1) спочатку визначається початковий ряд початкових цін, що досліджуються для всіх заданих в історичному періоді станів ринку;
- 2) визначається часовий інтервал для розрахунку VaR;
- 3) задається ймовірність для розрахунку ризикової вартості;
- 4) використовуючи початкові значення випадкової величини розраховуються зміни базових значень а зміни портфеля активів;
- 5) зміни вартостей, що були обчислені на попередньому етапі сортуються за зростанням x утворенням часового ряду змін;

б) на часовому ряді змін за заданою ймовірністю, починаючи з найбільших від'ємних значень виокремлюється стільки значень, щоб відношення їх кількості до загальної кількості значень у часовому ряді змін становило не більше $(1 - \alpha)\%$ для ймовірності α ;

7) значення з множини значень, що залишилися після виокремлення даних на попередньому етапі, з найменшим номером індексу i буде шуканим значенням ризикової вартості VaR.

Плюси методу історичного дослідження:

а) легкість реалізації методу. Нема гіпотези про нормальний закон розподілу доходностей факторів ризику;

б) задовільна точність оцінки ризику нелінійних фінансових інструментів;

в) відсутність можливої ситуації використання хибної моделі для оцінки вартості інструмента;

г) інтуїтивна легкість.

Мінуси методу історичного дослідження

а) неправильність результатів, якщо початкова вибірка не є репрезентативною;

б) застосовується тільки одна траєкторія цін;

в) нехтування різниці між старими й останніми спостереженнями; водночас видалення старих значень веде до покращення якості моделі;

г) значний об'єм обчислень для великих диверсифікованих портфелів.

2.2 Метод Монте-Карло

Метод базується на моделюванні стохастичних процесів з апіорі встановленими характеристиками. На відміну від історичного моделювання, зміни цін активів генеруються псевдовипадковим чином за заданими параметрами розподілу. Розподіл може бути будь-яким, а кількість сценаріїв — доволі великою.

Моделювання траєкторії цін можлива за допомогою різних моделей. Модель геометричного броунівського руху дає подальшу формулу для моделювання цін S на кожному кроці процесу з величезною кількістю кроків за період T :

$$dS_t = S_t(\mu dt + \sigma dz_t), \quad (2.11)$$

де dz_t — вінерівський процес.

Якщо траєкторія цін складається з n кроків, то один крок має вигляд

$$\Delta t = \frac{1}{n}, \quad (2.12)$$

а випадкова величина розподілена за стандартним нормальним розподілом з нульовим математичним сподіванням і одиничним стандартним відхиленням. Можна розглядати випадок експоненційного розподілу, тощо.

Траєкторія цін — це послідовність псевдовипадковим чином змодельованих цін, починаючи від поточної ціни й закінчуючи ціною на деякому кінцевому кроці, наприклад на тисячному або десятитисячному. Чим більше число кроків, тим вища точність методу.

Траєкторія — сценарій, за якому знайти ціну на останньому кроці, знаючи поточну ціну. Далі проводиться переоцінка портфеля за ціною

останнього кроку й розрахунок зміни вартості для кожного сценарію. Оцінка VaR обчислюється за розподілом зміни вартості портфеля.

Генерація випадкових чисел проходить у два етапи. Спочатку можна застосувати генератор випадкових чисел з рівномірним законом розподілу на одиничному відрізку. Випадкові числа, як аргументи, використовують для обчислення значення функцій розподілів, що моделюються.

Варто звернути увагу на те, що генератори випадкових чисел реалізовані за детермінованим алгоритмом і відображають псевдовипадкові числа. Можливий такий випадок, що з якогось моменту послідовність цих псевдовипадкових чисел будуть повторюватись, тобто немає незалежності. Для простих генераторів це настає через кілька тисяч генерацій, а в більш складних — через мільярди. При більшій частоті повторень, метод Монте-Карло перестає моделювати стохастично незалежні сценарії. VaR перестає показувати властивості портфеля. Оптимальна кількість кроків у процесі залежить від обсягу вибірки, складу портфеля і складності його складових інструментів та ін.

Для моделювання багатофакторного процесу за допомогою Монте-Карло можна моделювати кожний з k факторів використовуючи згенеровані випадкові числа:

$$Ds_{t,j} = \mu_{t,j} S_{t,j} dt + \sigma_{t,j} S_{t,j} dz, \quad j=1,2,\dots,k.. \quad (2.13)$$

З урахуванням кореляції між фактором потрібно, щоб випадкові величини ϵ_i та ϵ_j корелювали між собою [21]. З цією метою застосовують розклад Холецкого, суть якого полягає в розкладі кореляційної матриці на дві і використанні їх для обчислення корельованих випадкових чисел.

Кореляційна матриця є симетричною, її можливо представити як добуток трикутної матриці нижчого порядку з нулями у верхньому правому куті на таку ж транспоновану.

Так, якщо маємо два фактори:

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & 0 \\ a_{12} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11}^2 & a_{11}a_{12} \\ a_{11}a_{12} & a_{12}^2 + a_{22}^2 \end{bmatrix} \Rightarrow \begin{cases} a_{11}^2 = 1 \\ a_{11}a_{12} = \rho \\ a_{12}^2 + a_{22}^2 = 1 \end{cases}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \rho \\ \rho & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & \sqrt{1-\rho^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & \rho \\ 0 & \sqrt{1-\rho^2} \end{bmatrix}.$$

Корельовані випадкові величини ε_1 та ε_2 отримують внаслідок перемноження множника Холецького та вектора незалежних випадкових змінних η :

$$\begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ \rho & \sqrt{1-\rho^2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \end{bmatrix}$$

Для обчислень потрібно правильно обирати кількість множників, щоб матриця була додатно визначена.

Плюси методу Монте-Карло:

- а) висока обчислювальна точність;
- б) також висока точність при застосуванні до інструментів з нелінійними характеристиками;
- в) можливість моделювання яких-завгодно історичних та можливих розподілів.

Мінуси метод Монте-Карло:

- а) висока складність моделей і дуже високий рівень ризику неадекватності моделей;
- б) великі вимоги до обчислювальної потужності та значні витрати часу на виконання обчислень.

2.3 Методи інтелектуального аналізу даних

Для аналізу ринкових та багатьох інших типів ризиків можна застосувати методи інтелектуального аналізу даних, наприклад, такі: нейронні мережі, нейронечіткі моделі, байєсівські мережі, метод групового урахування аргументів (МГУА), байєсівську регресію а також комбінації вказаних методів.

Наприклад, нейромережі, МГУА і байєсівську регресію можна застосувати для оцінювання прогнозів волатильності, які надалі використовуються в методиці VaR. Байєсівські мережі і нечітку логіку можна застосувати для врахування множини ринкових факторів, які впливають на дисперсію процесів ціноутворення і, відповідно, на величину ринкового ризику. Це підтверджується наявністю ринкового ефекту левериджу, який стверджує, що прибутковість ринкових інструментів обернено пропорційна дисперсії процесів ціноутворення.

Узагальнені лінійні моделі, які також відносять до моделей байєсівського типу, дають можливість описувати стохастичні процеси ціноутворення з довільними розподілами. Це розширює можливості застосування існуючих методів оцінювання ризиків, у тому числі метод VaR.

2.4 Висновки до розділу

У розділі було детально розглянуто поняття оцінки VaR та його методи оцінювання. Усі методи поділяються на параметричні та непараметричні.

До параметричних методів відносять дельта-нормальний підхід. Для дельта-нормального методу характерна простота реалізації та порівняно невеликі втрати на збір даних. Але у нього доволі низька точність

оцінювання ризику нелінійних інструментів у зв'язку з недоліками виміру чутливості нелінійних інструментів до факторів ризику.

Прикладами непараметричних методів виступають метод історичного моделювання та метод Монте-Карло. Метод історичного моделювання функціонує за наявності стабільної ситуації на ринку. Він простий, оцінки є доволі точними і не використовується гіпотеза про нормальний розподіл даних. Недолік — обмеженість даними для методу. У методі Монте-Карло припускається, що коливання цін змінюються за геометричним броунівським рухом. Така модель залишається адекватною при кризовій ситуації і робить похибку при дуже великих коливаннях. Основний недолік — дуже великі вимоги до обчислювальної потужності. Крім перелічених методів для оцінки можна застосовувати методи інтелектуального аналізу даних як нейромережі, нейронечіткі моделі, байєсівські мережі тощо.

РОЗДІЛ 3 ПОБУДОВА МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ РИНКОВИХ РИЗИКІВ

3.1 Вибір процесів для оцінювання ринкових ризиків

Для застосування методології оцінювання ризику VaR на основі гетероскедастичних моделей динаміки їх волатильності у роботі використовується дані акцій, представлені на найбільших світових біржах NYSE та NASDAQ.

Ринкова вартість акції - це ціна, за якою акція продається і купується на вторинному ринку. Ринкова ціна (котирування, курс) зазвичай формується на торгах на фондовій біржі і відображає баланс попиту і пропозиції на дані акції. Для формування ринкової ціни важливе значення має рівень ліквідності фондового ринку. Побічно, ринкова вартість акцій відображає ліквідаційну вартість активів і пасивів компанії. Важливе значення має зміни ціна на актив з плином часу, що дозволяє судити про загальну тенденцію ціни на певну акцію.

NYSE та NASDAQ – одні з найбільших фондових бірж світу та дві найголовніші біржі США. На біржах представлено близько 6 тис. компаній, що відносяться до різноманітних секторів економіки. Проте, головну частку сумарної капіталізації компаній на цих біржах складають так звані компанії «high-beta». До них, наприклад, відносяться Apple (AAPL), Facebook (FB), Misrosoft (MSFT), Google (GOOGL), Alibaba Group (BABA), Nvidia (NVDA) тощо.

Для оцінки VaR та проведення бек-тестування моделей використовувалися дані вище вказаних компаній за півтора року.

3.2 Побудова математичних моделей для оцінювання ринкових ризиків та їх прогнозування

Отже, математичні моделі для оцінювання та прогнозування фінансових ризиків були побудовані на основі даних котувань крупних світових компаній, що трейдаються на біржах NYSE та NSDQ.

Детально опишемо процес побудови обраних моделей оцінки фінансових ризиків на фондовому ринку та моделей динаміки дисперсії зокрема на прикладі крупної світової компанії Amedisys, Inc. (AMED,NSDQ).

Для проведення необхідних обчислень використовувались спеціалізований пакет Ecnometric Views 10. Student Version, MS Excel та Esignal.

За допомогою написаного додатку були зчитані та графічно зображені отримані дані зі спеціалізованої програми для роботи на біржі Esignal. Додаток зчитує дані,будує свічний дейлі графік зміни котувань акції, графік її дохідності та статистику ряду доходності, а далі імпортує дані до MS Excel та Eviews. На рисунку 3.1 зображено результат зчитування даних додатком.

Вхідні дані – вибірка зміни динаміки цін закриття активу.



Рисунок 3.1 - Зчитування даних за допомогою написаного додатку

На рисунку 3.2 зображено, що всі вхідні дані було імпортовано до EViews для подальшої роботи з вибірками.

Date	Open	High	Low	Close	Volume (Total)
30.11.2018	136,41	138,50	135,10	136,25	500K
29.11.2018	132,75	137,56	132,38	135,82	486K
28.11.2018	125,00	134,15	124,50	134,03	680K
27.11.2018	122,23	123,99	120,64	123,78	294K
26.11.2018	123,27	124,30	120,55	122,65	667K
23.11.2018	119,25	123,50	118,21	122,46	160K
21.11.2018	117,00	121,73	117,00	119,82	367K
20.11.2018	119,54	121,42	115,45	116,84	608K
19.11.2018	126,00	126,98	120,74	121,63	699K
16.11.2018	121,71	128,59	121,43	125,91	1,04M
15.11.2018	117,20	122,26	115,78	121,99	576K
14.11.2018	116,84	117,80	115,82	117,10	532K
13.11.2018	118,05	118,67	115,12	116,40	372K
12.11.2018	120,78	121,25	115,18	117,22	632K
09.11.2018	119,18	122,70	118,21	120,50	499K
08.11.2018	117,35	119,26	115,92	119,04	572K
07.11.2018	112,39	118,35	112,15	118,17	611K
06.11.2018	109,98	112,32	109,87	111,97	646K
05.11.2018	108,94	109,74	107,32	109,67	875K
02.11.2018	107,69	109,70	107,10	108,44	995K
01.11.2018	110,55	117,47	108,53	113,66	878K
31.10.2018	117,05	118,80	109,39	110,00	905K

Restore... ☐ Show all Edited Bars only Apply Ok Cancel

Рисунок 3.2 - Імпортована вибірка

На рисунках 3.3 та 3.4 зображено значення доходностей для акції компанії AMED.

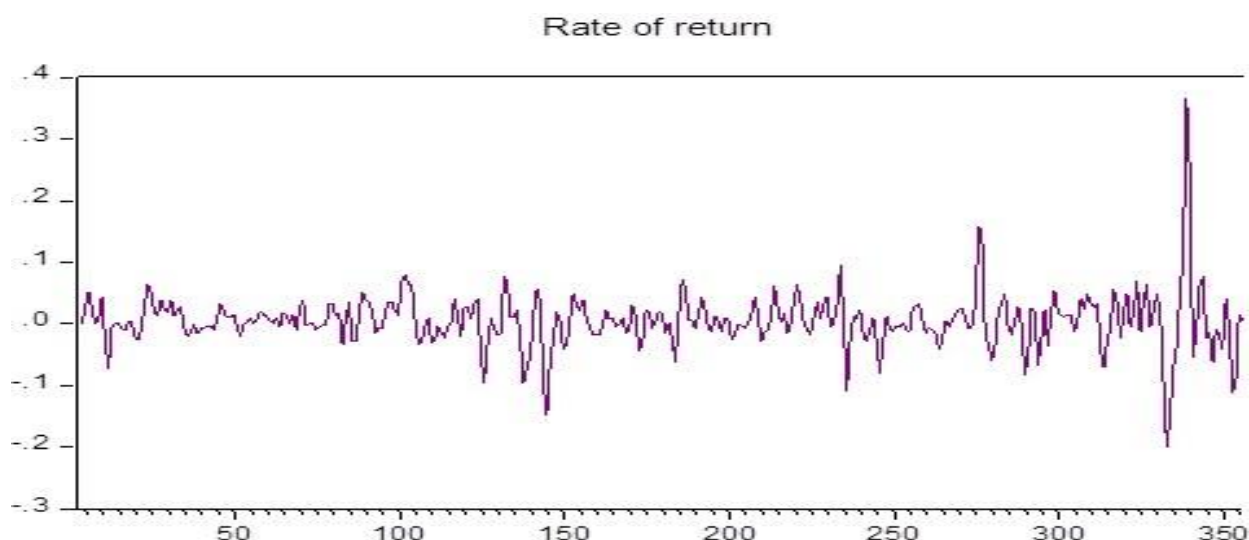


Рисунок 3.3 — Значення доходностей акції AMED

Описова статистика для значень ряду доходностей зображена на рисунку 3.4. Можемо зауважити, що коефіцієнт асиметрії даного ряду дорівнює 0.0649, це більше значення при нормальному розподілі, тобто нульове. А тому, правий хвіст розподілу даної величини довший. Екссес дорівнює 16,1, це також більше за значення екссесу при нормальному розподілі. Робимо висновок, що форма розподілу ряду доходностей буде «гострішою» від нормального.

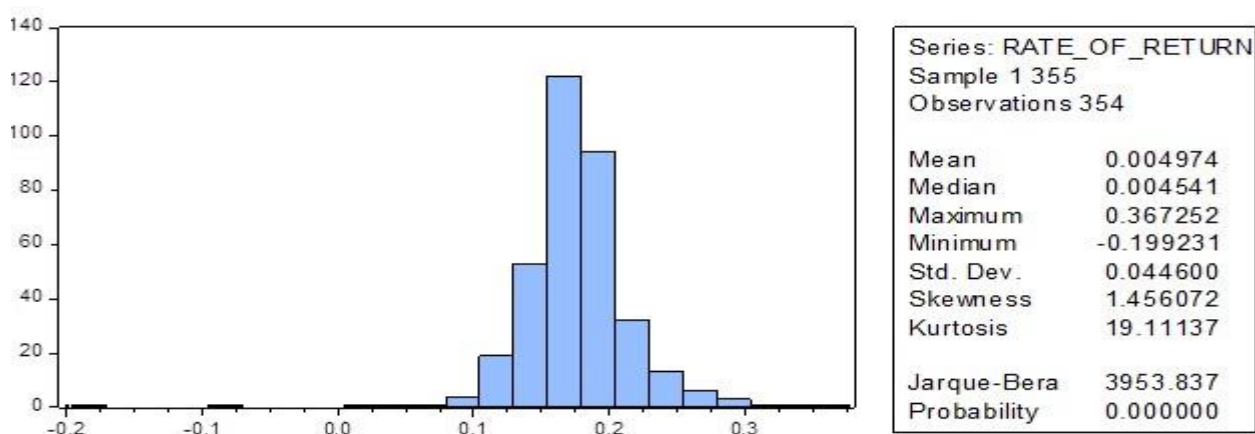


Рисунок 3.4 — Описова статистика ряду доходностей FB

Для побудови моделі авторегресії (АР) необхідно побудувати автокореляційну (АКФ) та частково автокореляційну функції (ЧАКФ), зображені на рисунку 3.7. Модель має наступний вигляд:

$$y(k) = c(1) + c(2) * y(k - 1) \quad (3.1)$$

На рисунку 3.5 зображено значення АКФ та ЧАКФ для ряду доходностей. Результати оцінювання рівняння АР(1) та відповідні графіки залишків побудованої моделі та їх квадратів наведені на рисунках 3.6 – 3.8.

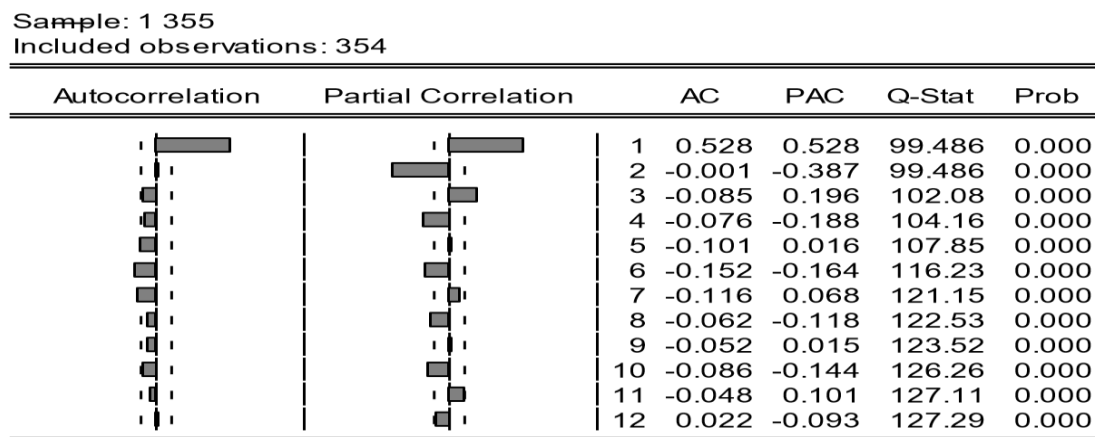


Рисунок 3.5 — Значення АКФ та ЧАКФ для ряду доходностей

Sample (adjusted): 2 354
Included observations: 353 after adjustments
RATE_OF_RETURN= C(1)+C(2)*RATE_OF_RETURN(-1)

	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C(1)	0.002356	0.002034	1.157890	0.2477
C(2)	0.527902	0.045332	11.64518	0.0000
R-squared	0.278683	Mean dependent var		0.004988
Adjusted R-squared	0.276628	S.D. dependent var		0.044663
S.E. of regression	0.037986	Akaike info criterion		-3.697528
Sum squared resid	0.506481	Schwarz criterion		-3.675622
Log likelihood	654.6138	Hannan-Quinn criter.		-3.688812
F-statistic	135.6102	Durbin-Watson stat		1.589943
Prob(F-statistic)	0.000000			

Рисунок 3.6 — Результати оцінювання рівняння АР (1)

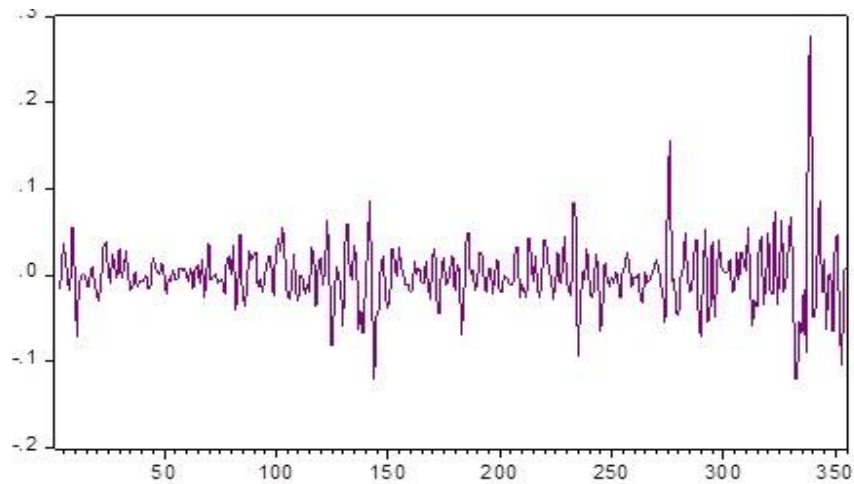


Рисунок 3.7 — Графік залишків побудованої моделі AR (1)

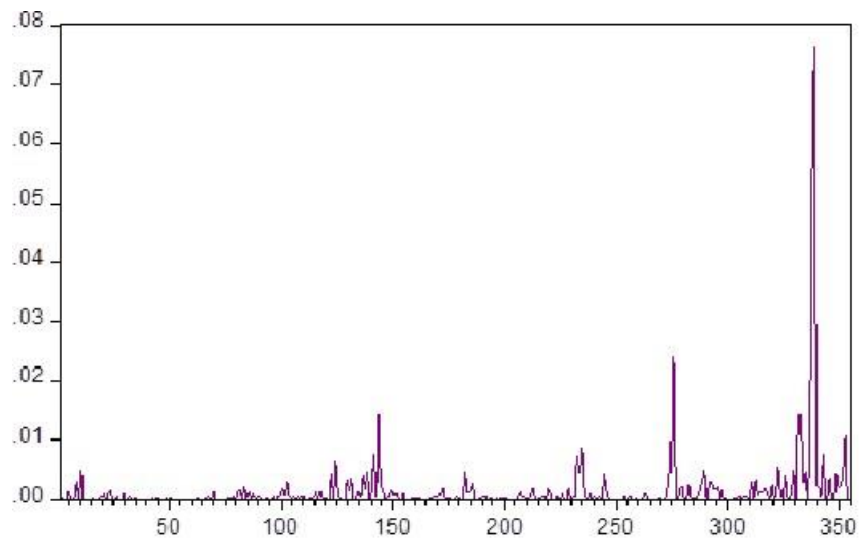


Рисунок 3.8 - Графік квадратів залишків побудованої моделі AR (1)

Отже, отримана модель AR(1) має такий вигляд:

$$y(k) = 0,002356 + 0,527902 * y(k - 1) + e(k) \quad (3.2)$$

Графік вихідного та оціненого ряду наведено на рисунку 3.9.

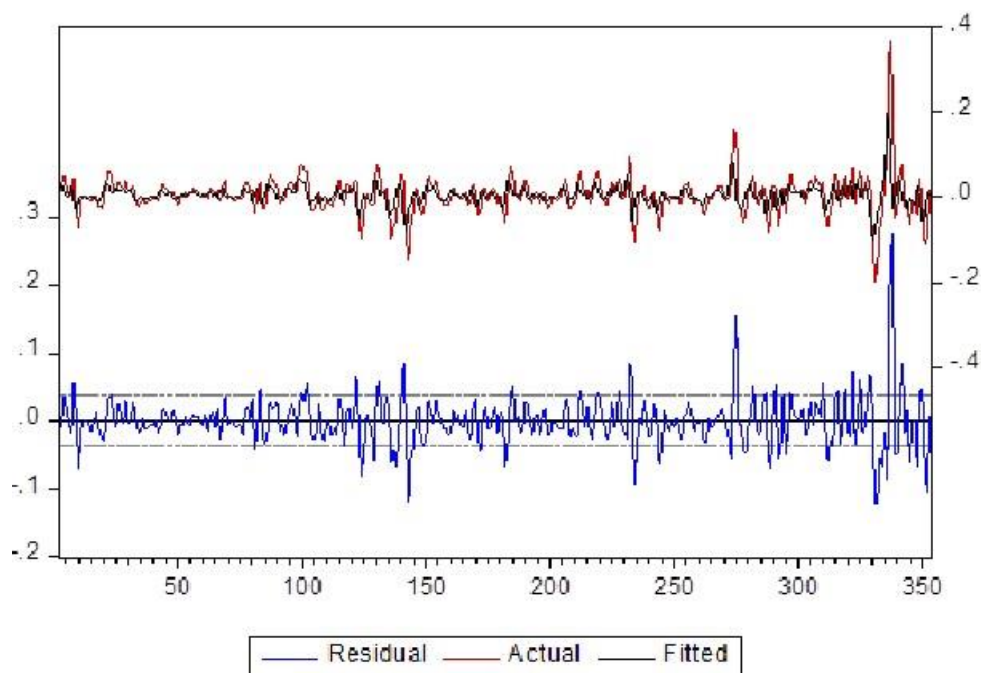


Рисунок 3.9 — Графіки вихідного й оціненого ряду

Зазначимо, що результати тесту Уайта щодо перевірки гетероскедастичності залишків моделі показують наявну гетероскедастичність процесу. Попередньо ймовірність дорівнювала 0,0000. Це однозначно менше за значення 0.05. Відповідно, нуль-гіпотезу у даному разі необхідно відмінити.

Нуль-гіпотеза припускає незмінність дисперсії у часі. На рисунку 3.10 зображено результати тесту Уайта.

Аби побудувати модель динаміки дисперсії, варто визначити порядок моделі дисперсії. Для цього будуємо корелограму квадратів залишків (рис. 3.11) та корелограму вибіркової умовної дисперсії (рис. 3.12). Графік значень вибіркової умовної дисперсії позначен на рисунку 3.13.

Heteroskedasticity Test: White

F-statistic	17.81064	Prob. F(2,350)	0.0000
Obs*R-squared	32.60794	Prob. Chi-Square(2)	0.0000
Scaled explained SS	228.7333	Prob. Chi-Square(2)	0.0000

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 06/03/17 Time: 20:01

Sample: 2 354

Included observations: 353

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	0.001069	0.000283	3.781658	0.0002
(RATE_OF_RETURN(-1))^2	0.203813	0.034651	5.881855	0.0000
RATE_OF_RETURN(-1)	-0.008994	0.006693	-1.343836	0.1799
R-squared	0.092374	Mean dependent var	0.001435	
Adjusted R-squared	0.087187	S.D. dependent var	0.005412	
S.E. of regression	0.005171	Akaike info criterion	-7.683010	
Sum squared resid	0.009359	Schwarz criterion	-7.650151	
Log likelihood	1359.051	Hannan-Quinn criter.	-7.669935	
F-statistic	17.81064	Durbin-Watson stat	1.473819	
Prob(F-statistic)	0.000000			

Рисунок 3.10 — Результат тесту Уайта

























Autocorrelation	Partial Correlation		AC	PAC	Q-Stat	Prob
		1	0.469	0.469	78.160	0.000
		2	0.093	-0.163	81.217	0.000
		3	0.032	0.076	81.579	0.000
		4	0.085	0.067	84.164	0.000
		5	0.114	0.051	88.864	0.000
		6	0.163	0.116	98.405	0.000
		7	0.125	0.001	104.07	0.000
		8	0.013	-0.059	104.13	0.000
		9	0.019	0.060	104.27	0.000
		10	0.026	-0.034	104.51	0.000
		11	0.013	-0.011	104.57	0.000
		12	0.033	0.031	104.97	0.000

Рисунок 3.11 — Значення АКФ та ЧАКФ для квадратів залишків моделі






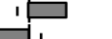



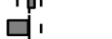

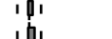




Autocorrelation	Partial Correlation	AC	PAC	Q-Stat	Prob	
		1	0.795	0.795	225.70	0.000
		2	0.424	-0.566	290.12	0.000
		3	0.161	0.330	299.40	0.000
		4	0.154	0.339	307.95	0.000
		5	0.246	-0.288	329.86	0.000
		6	0.286	0.122	359.53	0.000
		7	0.220	0.064	377.14	0.000
		8	0.110	-0.177	381.53	0.000
		9	0.023	0.025	381.73	0.000
		10	-0.005	0.050	381.74	0.000
		11	0.001	-0.112	381.74	0.000
		12	0.027	0.132	382.02	0.000

Рисунок 3.12 — Значення АКФ та ЧАКФ для вибіркової умовної дисперсії

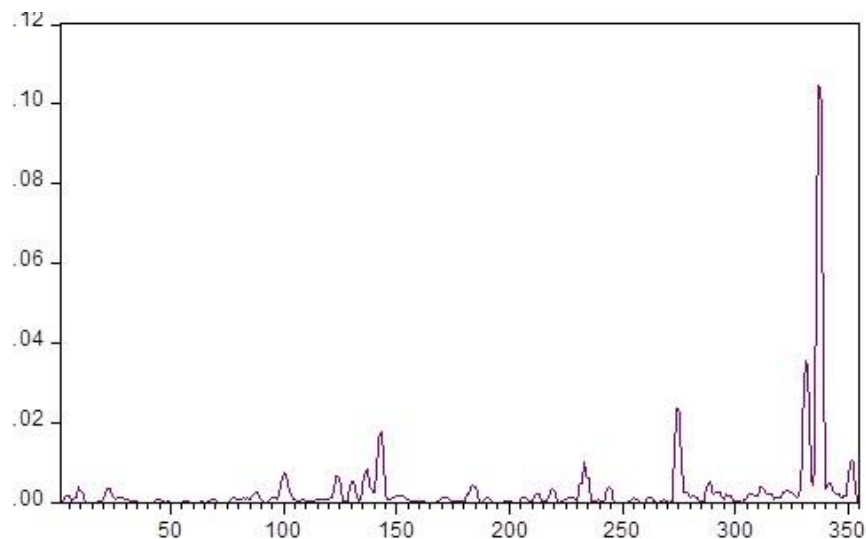


Рисунок 3.13 — Графік значень вибіркової умовної дисперсії

Як бачимо, достатньо обрати порядки моделей для опису динаміки дисперсії рівними $p=1$ та $q=1$.

Отже, побудуємо наступні моделі: ARCH(1), GARCH(1,1), EGARCH(1,1) та GJR(1,1). Результати оцінених моделей наведені на рисунках 3.13-3.28. Проводимо оцінювання ризикової вартості за побудованими моделями волатильності для довірчих інтервалів 95% та 99%, вважаючи, що об'єм позиції дорівнює 1 лоту/100 shares.

Результати оцінювання моделі ARCH(1) зображені на рисунках 3.14-3.17, GARCH(1,1) - рис. 3.18 – 3.21, EGARCH(1,1) - рис. 3.22 - 3.25 та для моделі GJR(1,1) - рис. 3.26 - 3.29. Результати порівняння якості моделей

зведено до таблиці 3.1. Результати верифікації моделей для оцінки ризику подано у таблиці 3.2.

Dependent Variable: DISP_STAT
 Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 21/11/20 Time: 19:08
 Sample (adjusted): 3 354
 Included observations: 352 after adjustments
 Convergence achieved after 43 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $\text{DISP_STAT} = C(1) + C(2) * \text{RESID_SQUARE}(-1)$
 $\text{GARCH} = C(3) + C(4) * \text{RESID}(-1)^2 + C(5) * \text{GARCH}(-1)$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	0.000158	1.79E-05	8.849378	0.0000
C(2)	0.798332	0.009586	83.28129	0.0000
Variance Equation				
C	3.20E-07	2.69E-08	11.89040	0.0000
RESID(-1)^2	4.360717	0.212976	20.47513	0.0000
GARCH(-1)	0.003007	0.008674	0.346636	0.7289
R-squared	0.449949	Mean dependent var	0.003029	
Adjusted R-squared	0.448378	S.D. dependent var	0.009527	
S.E. of regression	0.007076	Akaike info criterion	-9.915181	
Sum squared resid	0.017524	Schwarz criterion	-9.860300	
Log likelihood	1750.072	Hannan-Quinn criter.	-9.893341	
Durbin-Watson stat	0.684365			

Рисунок 3.14 — Результати оцінювання моделі ARCH(1)

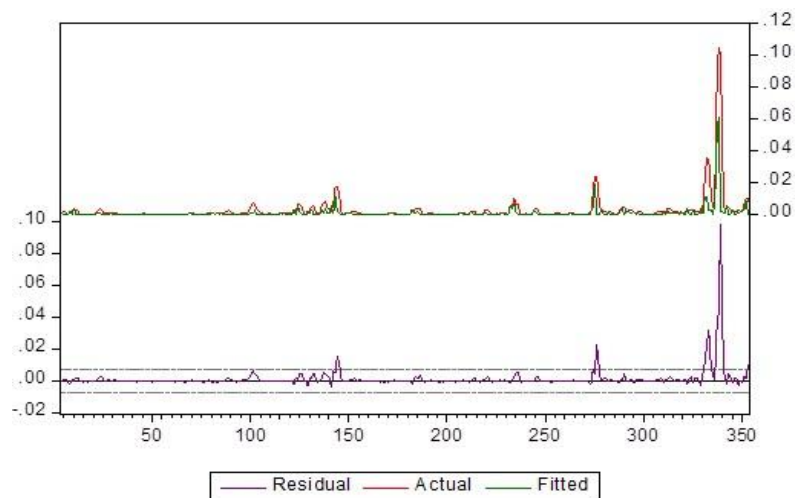


Рисунок 3.15 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю ARCH (1) рядів

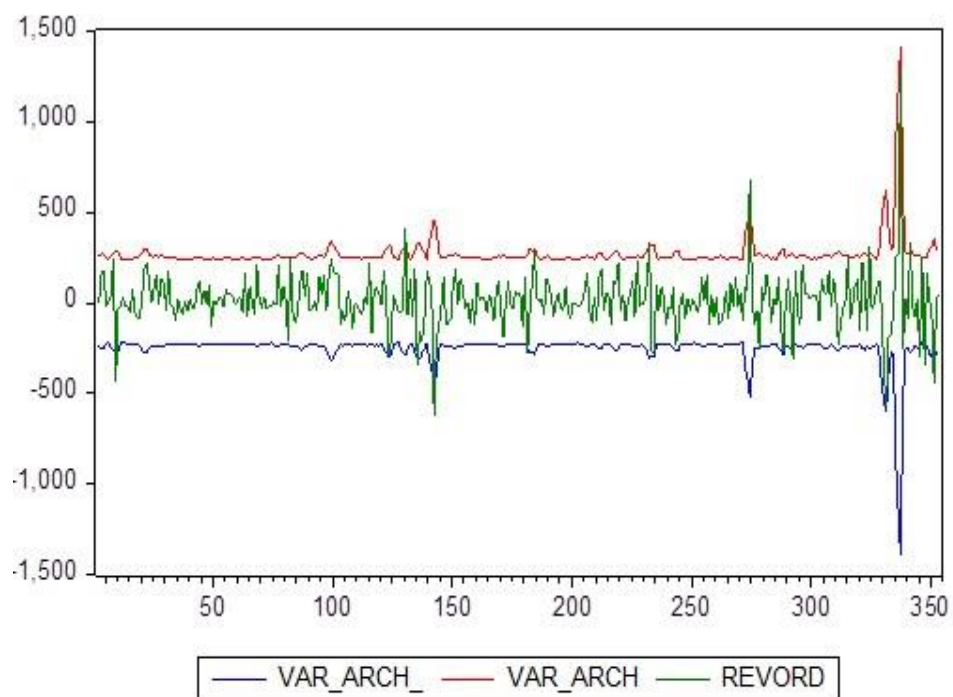


Рисунок 3.16 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі ARCH (1)

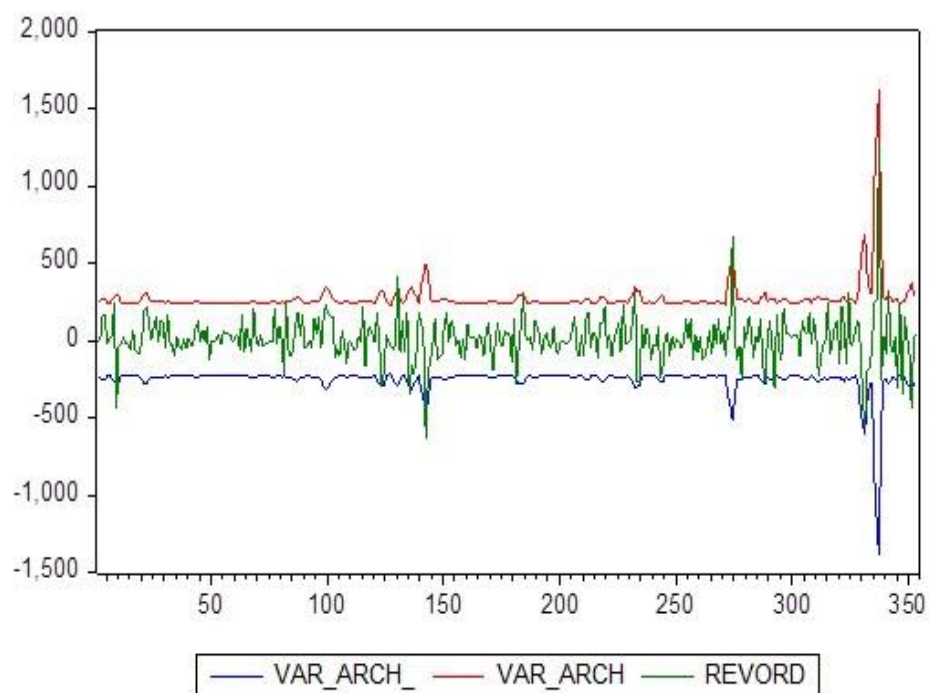


Рисунок 3.17 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі ARCH (1)

Dependent Variable: DISP_STAT
 Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 21/11/20 Time: 19:22
 Sample (adjusted): 3 354
 Included observations: 352 after adjustments
 Convergence achieved after 47 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $\text{DISP_STAT} = C(1) + C(2) * \text{RESID_SQUARE}(-1) + C(3) * \text{DISP_STAT}(-1)$
 $\text{GARCH} = C(4) + C(5) * \text{RESID}(-1)^2 + C(6) * \text{GARCH}(-1)$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-0.000219	2.37E-05	-9.241416	0.0000
C(2)	0.564780	0.036963	15.27958	0.0000
C(3)	0.965353	0.021024	45.91665	0.0000

Variance Equation				
C	7.48E-08	2.28E-08	3.282427	0.0010
RESID(-1)^2	3.268366	0.260926	12.52605	0.0000
GARCH(-1)	0.170812	0.017103	9.987261	0.0000

R-squared	0.451733	Mean dependent var	0.003029
Adjusted R-squared	0.448591	S.D. dependent var	0.009527
S.E. of regression	0.007075	Akaike info criterion	-10.00612
Sum squared resid	0.017467	Schwarz criterion	-9.940259
Log likelihood	1767.077	Hannan-Quinn criter.	-9.979908
Durbin-Watson stat	1.205179		

Рисунок 3.18 — Результати оцінювання моделі GARCH (1,1)

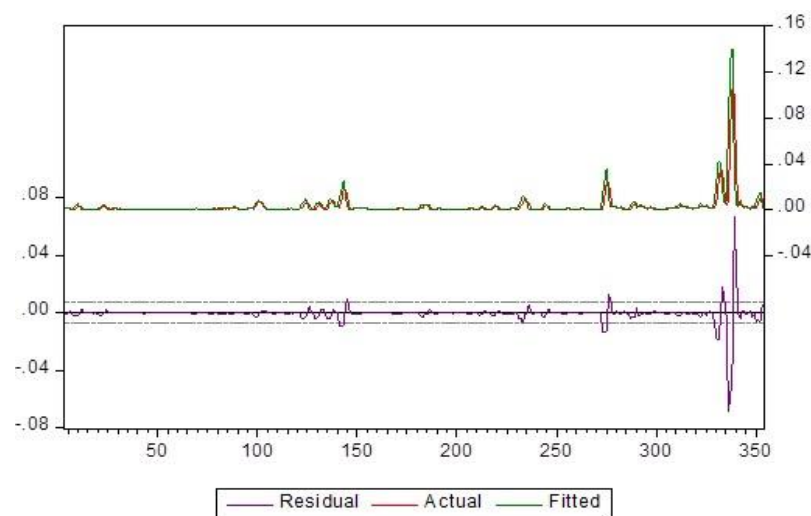


Рисунок 3.19 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю GARCH (1) рядів

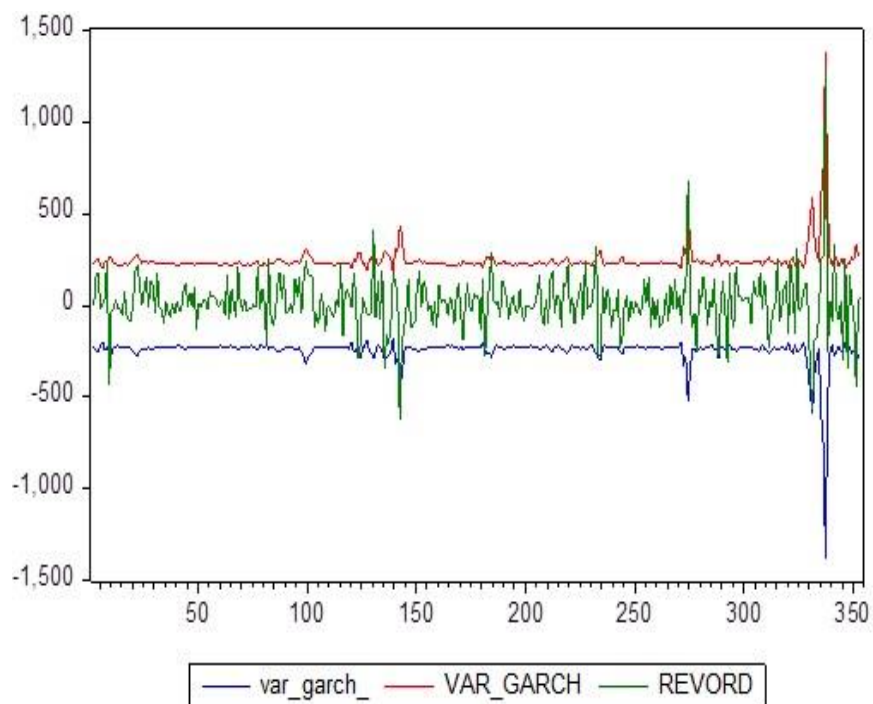


Рисунок 3.20 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі GARCH (1,1)

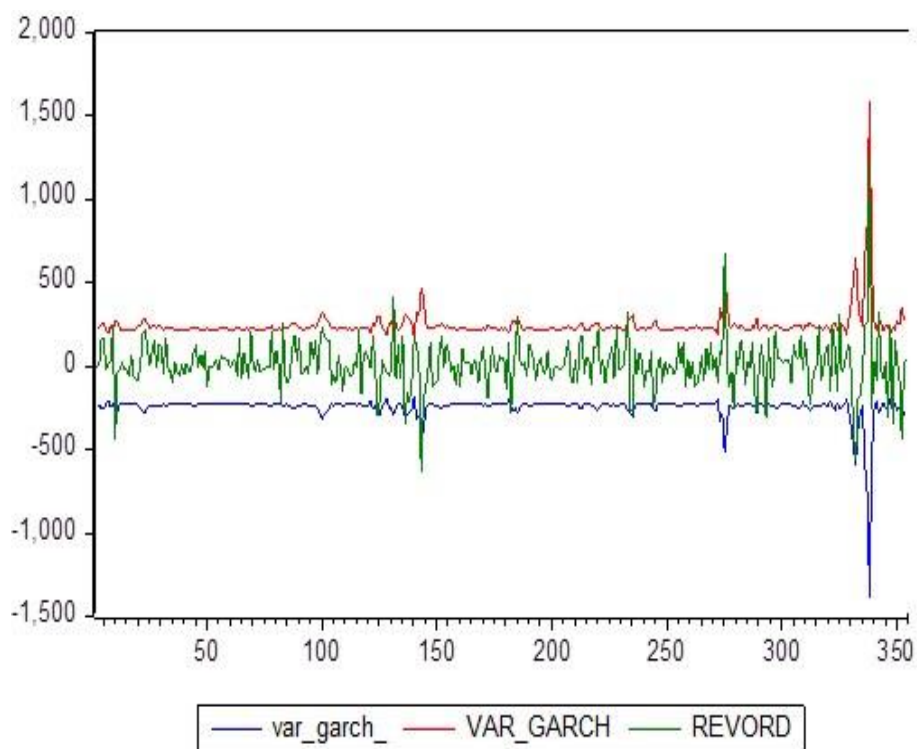


Рисунок 3.21 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі GARCH (1,1)

Dependent Variable: DISP_STAT
Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
Date: 21/11/20 Time: 19:24
Sample (adjusted): 3 354
Included observations: 352 after adjustments
Convergence achieved after 49 iterations
Coefficient covariance computed using outer product of gradients
Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $DISP_STAT = C(1) + C(2) * RESID_SQUARE(-1) + C(3) * DISP_STAT(-1)$
 $LOG(GARCH) = C(4) + C(5) * ABS(RESID(-1) / @SQRT(GARCH(-1))) + C(6) * RESID(-1) / @SQRT(GARCH(-1)) + C(7) * LOG(GARCH(-1))$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	0.000236	2.92E-05	8.068750	0.0000
C(2)	0.473946	0.032100	14.76475	0.0000
C(3)	0.219662	0.021642	10.14960	0.0000

Variance Equation

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(4)	-8.766260	0.243866	-35.94709	0.0000
C(5)	1.044892	0.087883	11.88952	0.0000
C(6)	1.217395	0.081076	15.01554	0.0000
C(7)	0.399648	0.017248	23.17099	0.0000

R-squared	0.512513	Mean dependent var	0.003029
Adjusted R-squared	0.509719	S.D. dependent var	0.009527
S.E. of regression	0.006671	Akaike info criterion	10.11799
Sum squared resid	0.015531	Schwarz criterion	-10.04116
Log likelihood	1787.766	Hannan-Quinn criter.	10.08741
Durbin-Watson stat	0.683203		

Рисунок 3.22 — Результати оцінювання моделі EGARCH (1,1)

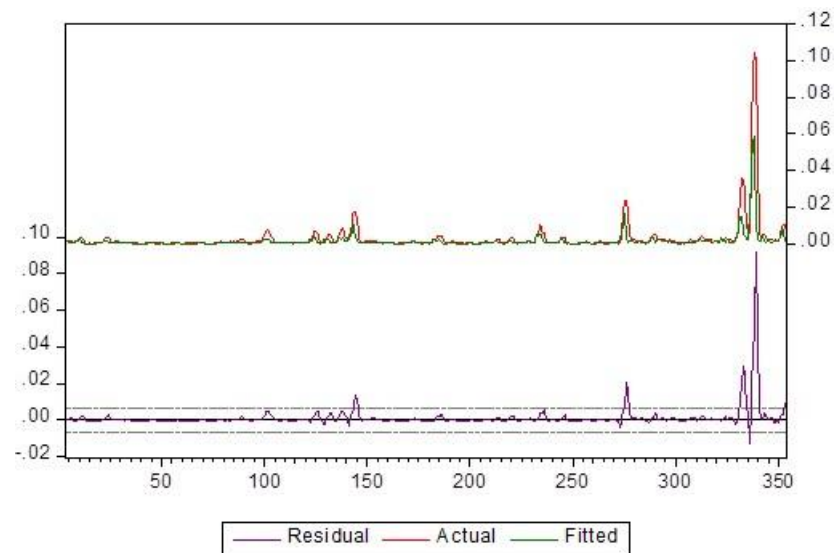


Рисунок 3.23 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю EGARCH (1) рядів

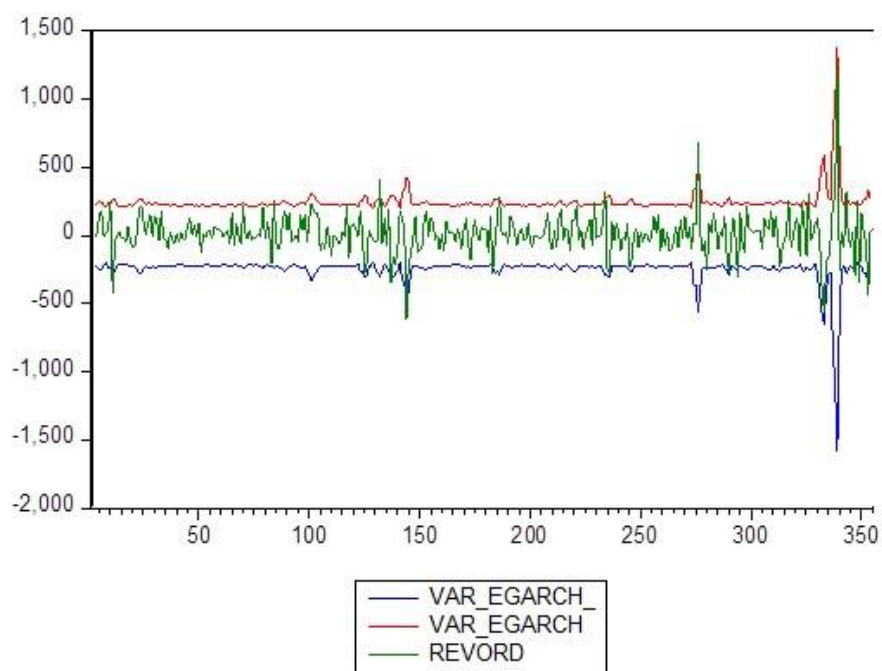


Рисунок 3.24 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі EGARCH
(1,1)

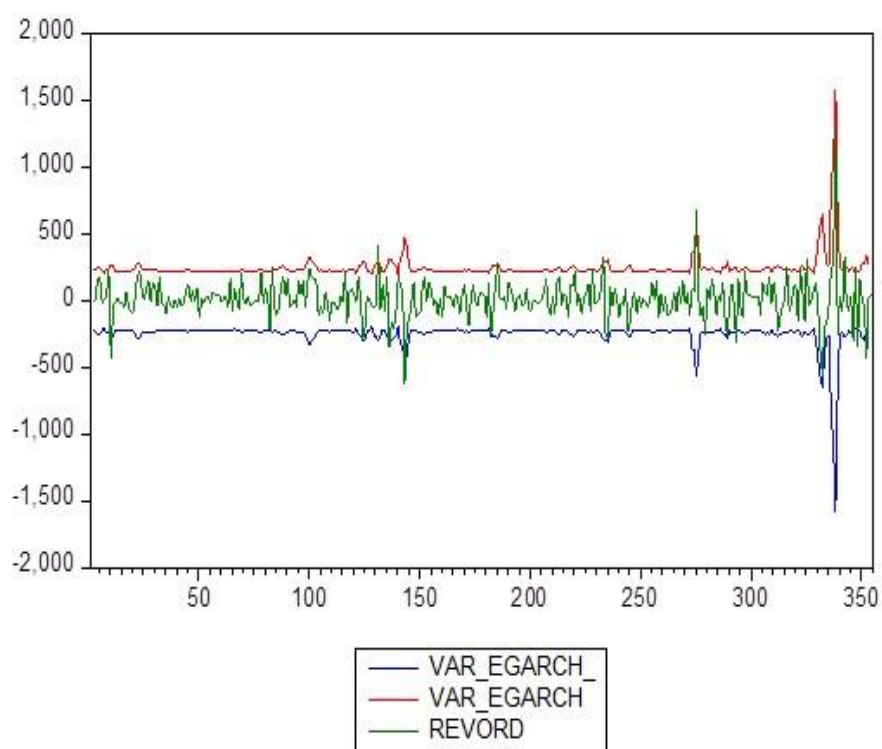


Рисунок 3.25 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі EGARCH
(1,1)

Dependent Variable: DISP_STAT
 Method: ML ARCH - Normal distribution (BFGS / Marquardt steps)
 Date: 21/11/20 Time: 19:27
 Sample (adjusted): 3 354
 Included observations: 352 after adjustments
 Failure to improve likelihood (non-zero gradients) after 189 iterations
 Coefficient covariance computed using outer product of gradients
 Presample variance: backcast (parameter = 0.7)
 $DISP_STAT = C(1) + C(2) * RESID_SQUARE(-1) + C(3) * DISP_STAT(-1)$
 $GARCH = C(4) + C(5) * RESID(-1)^2 + C(6) * RESID(-1)^2 * (RESID(-1) < 0) + C(7) * GARCH(-1)$

Variable	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-1.11E-05	3.39E-06	-3.285222	0.0010
C(2)	0.075196	0.002446	30.74131	0.0000
C(3)	0.938350	0.002450	382.9403	0.0000
Variance Equation				
C	4.82E-09	1.64E-09	2.949925	0.0032
RESID(-1)^2	1.461161	0.034037	42.92900	0.0000
RESID(-1)^2*(RESID(-1)<0)	-2.420035	0.057891	-41.80300	0.0000
GARCH(-1)	0.854227	0.001196	713.9652	0.0000
R-squared	0.605888	Mean dependent var	0.003029	
Adjusted R-squared	0.603630	S.D. dependent var	0.009527	
S.E. of regression	0.005998	Akaike info criterion	-10.13984	
Sum squared resid	0.012556	Schwarz criterion	-10.06301	
Log likelihood	1791.612	Hannan-Quinn criter.	-10.10927	
Durbin-Watson stat	1.190886			

Рисунок 3.26 — Результати оцінювання моделі GJR(1,1)

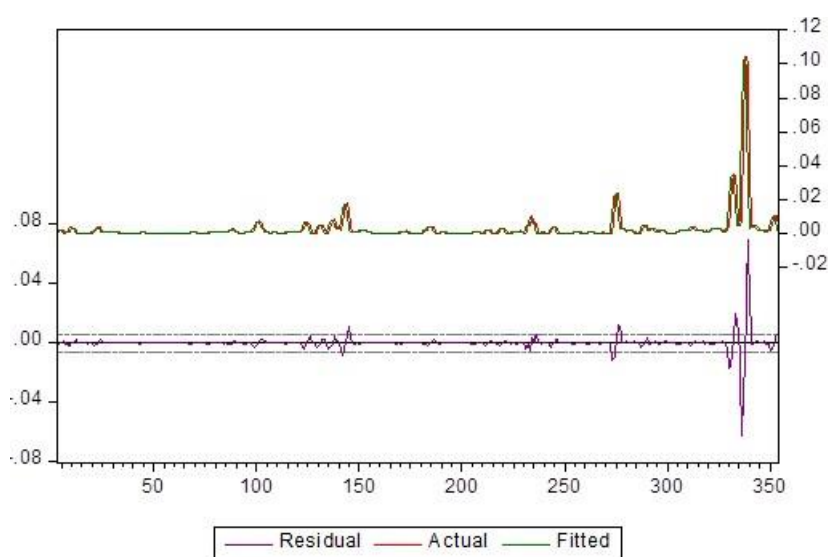


Рисунок 3.27 — Графіки вихідного та оціненого за моделлю GJR(1,1)

рядів

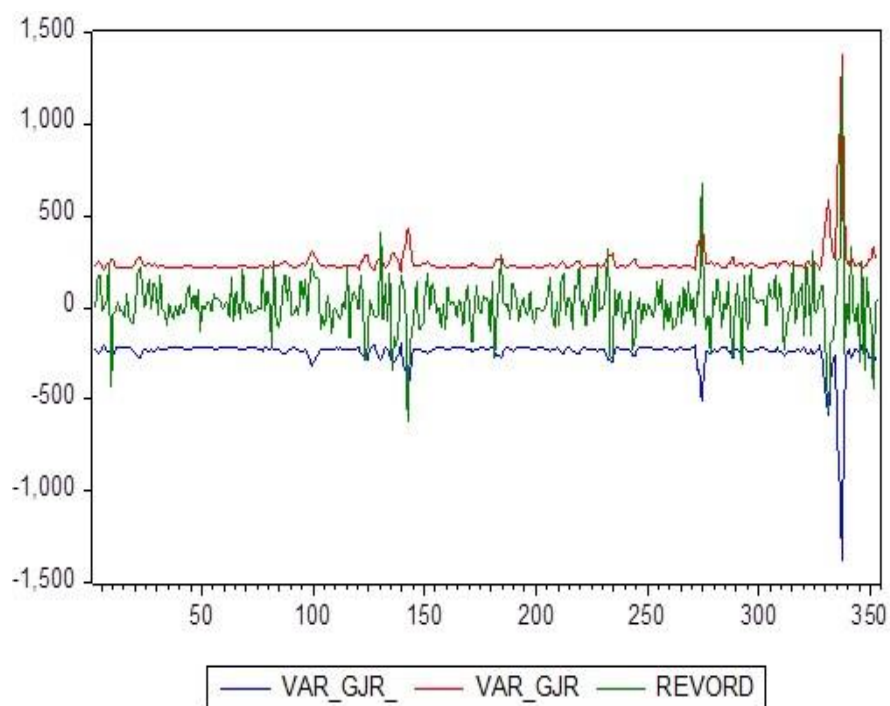


Рисунок 3.28 — Значення VaR при 95% рівні довіри для моделі GJR(1,1)

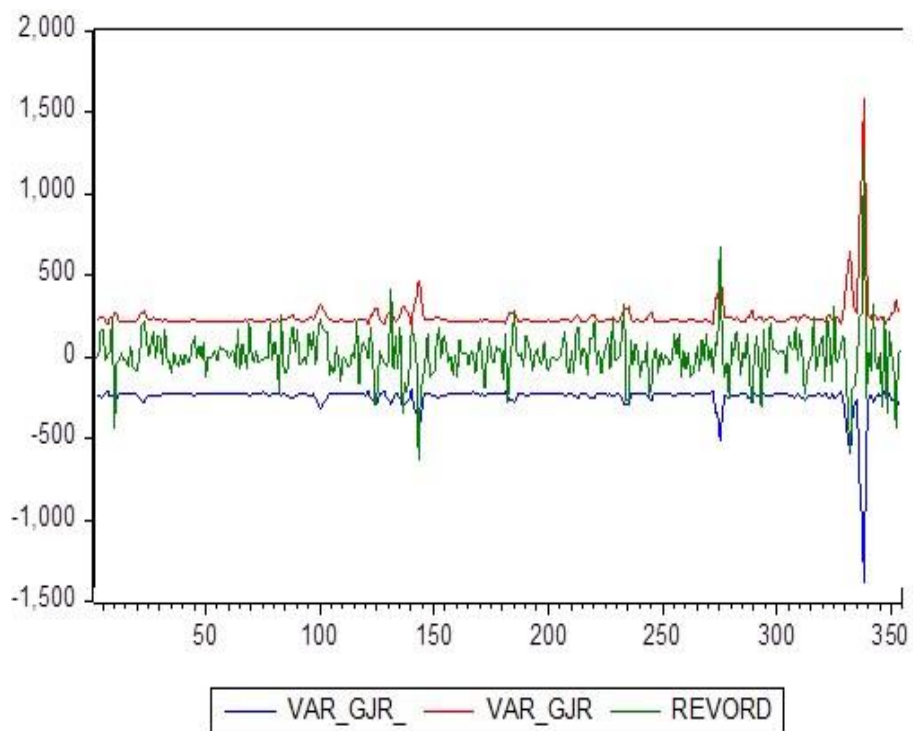


Рисунок 3.29 — Значення VaR при 99% рівні довіри для моделі GJR (1,1)

Таблиця 3.1 - Результати моделювання волатильності для акції

	LogL	AIC	SC	HQ
ARCH (1)	1750,072	-9,9152	-9,8603	-9,8933
GARCH(1,1)	1767,077	-10,0061	-9,9403	-9,9799
EGARCH(1,1)	1787,766	-10,1180	-10,0412	-10,0874
GJR(1,1)	1791,612	-10,1398	-10,063	-10,1093
QGARCH (1,1)	1789,013	-10,1011	-10,0512	-10,0910
AGARCH (1,1)	1790,002	-10,130	-10,0449	-10,0973

Таблиця 3.2 - Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH (1)	(0) 100%	(0) 100%
GARCH (1,1)	(4) 99,52%	(0) 100%
EGARCH (1,1)	(17) 96.67%	(3) 99.43%
GJR (1,1)	(11) 97.72%	(0) 100%
QGARCH (1,1)	(10) 98.03%	(1) 99.98%
AGARCH (1,1)	(14) 97.82%	(2) 99.71%

Видно з таблиці 3.1, що найкращими моделями є моделі EGARCH (1,1) та GJR (1,1), бо інформаційні критерії приймають мінімальні значення.

Модель

ARCH (1) дала найгірші результати. Це пояснюється тим, що вона цілком не відображає динаміку процесу за рахунок неврахування авторегресійної складової. GARCH- модель також не показала гідних результатів. Вірогідно, це пов'язано з тим, що дані на ціну акції компанії AMED мають більш значний вклад додатніх потрясінь у волатильність, ніж від'ємних, тобто «ефект важеля» є незначним. Ще однією причиною даних результатів може стати недостатньо великий об'єм вибірки, що неповністю відображає поведінку. Але загалом, кожна описана модель є прийнятною для оцінювання ризиків.

А тепер, порівняємо дані моделі на якість прогнозування. Наприклад, нехай розмір навчальної вибірки дорівнює 340 значенням та спрогнозуємо 15 наступних значень. Результати прогнозування зображено на рисунках 3.30 – 3.37 та зведено до таблиці 3.3.

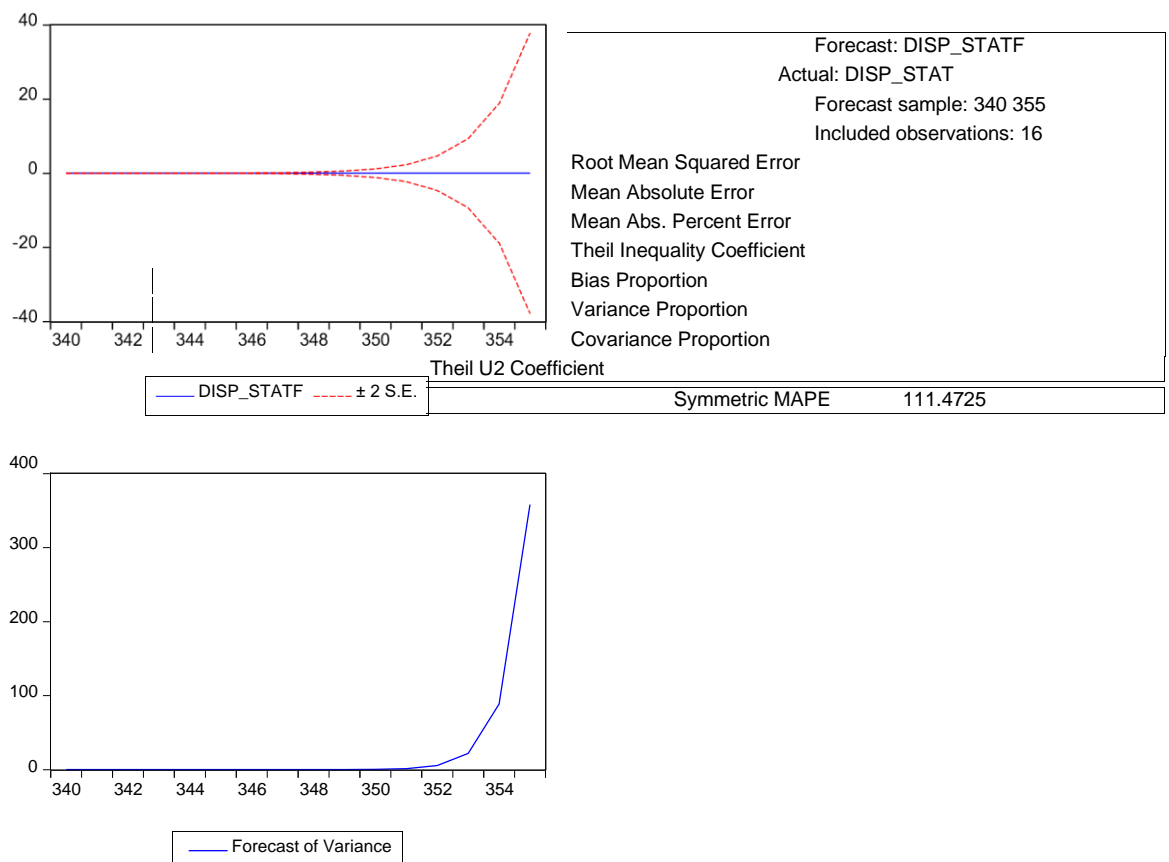


Рисунок 3.30 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю ARCH(1)

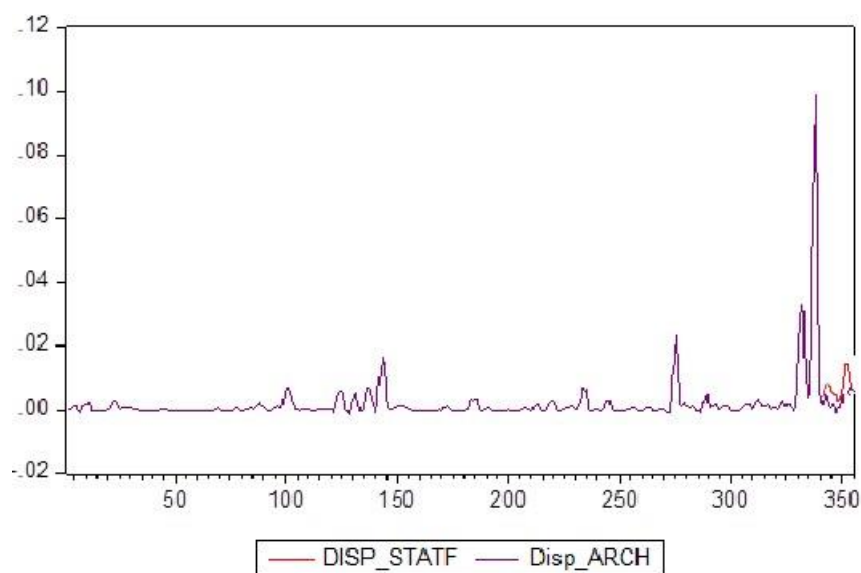
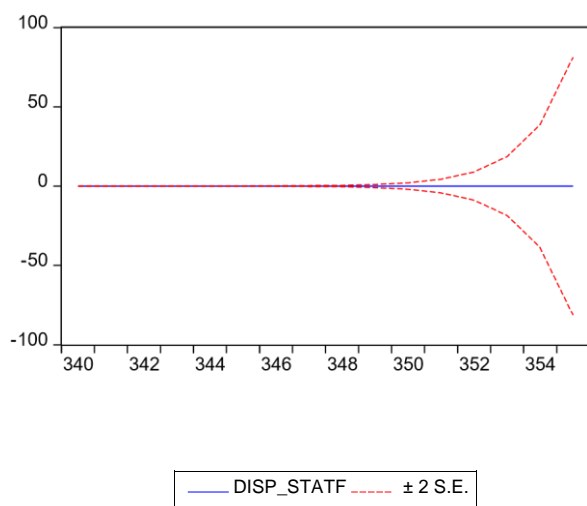


Рисунок 3.31 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю ARCH(1)



Forecast:	DISP_STATF
Actual:	DISP_STAT
Forecast sample:	340 355
Included observations:	16
Root Mean Squared Error	0.001212
Mean Absolute Error	0.000845
Mean Abs. Percent Error	181.3174
Theil Inequality Coefficient	0.401531
Bias Proportion	0.158111
Variance Proportion	0.006796
Covariance Proportion	0.835093
Theil U2 Coefficient	0.953787
Symmetric MAPE	108.1169

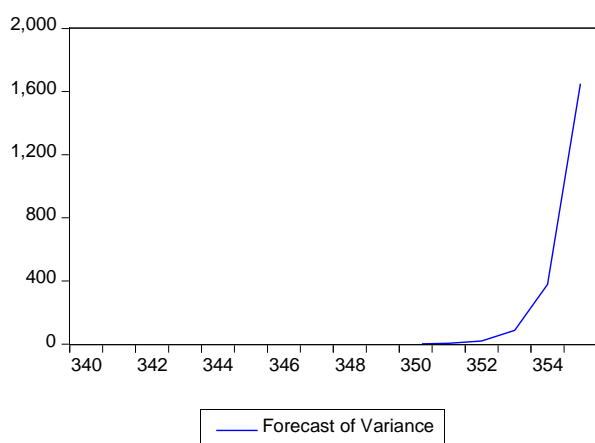


Рисунок 3.32 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю GARCH(1,1)

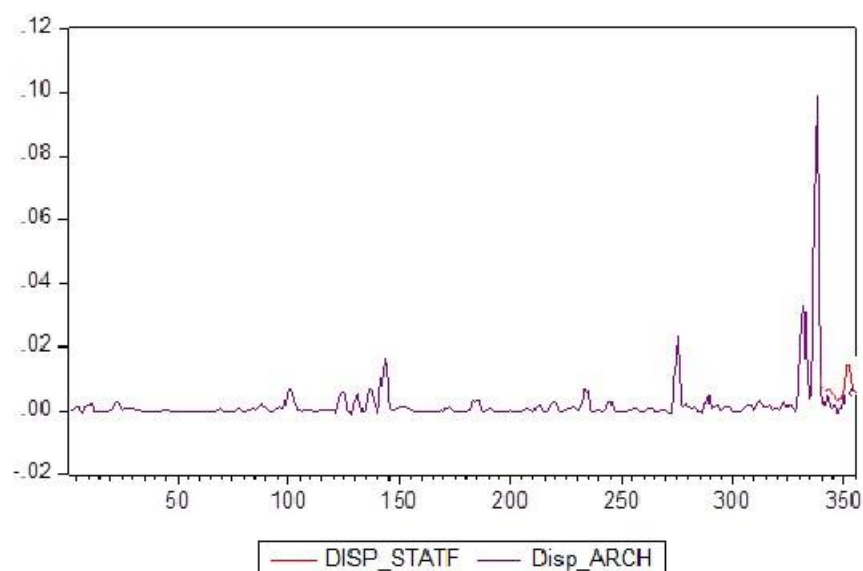
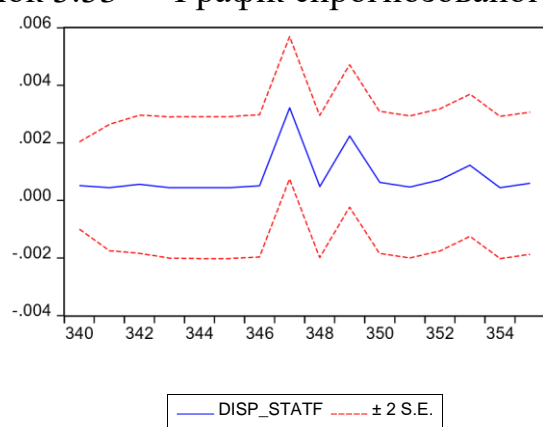


Рисунок 3.33 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю GARCH(1,1)



Forecast: DISP_STATF
 Actual: DISP_STAT
 Forecast sample: 340 355
 Included observations: 16
 Root Mean Squared Error 0.001085
 Mean Absolute Error 0.000860
 Mean Abs. Percent Error 415.9955
 Theil Inequality Coefficient 0.379492
 Bias Proportion 0.110667
 Variance Proportion 0.144771
 Covariance Proportion 0.744562 Theil
 U2 Coefficient 0.881002
 Symmetric MAPE 107.2076

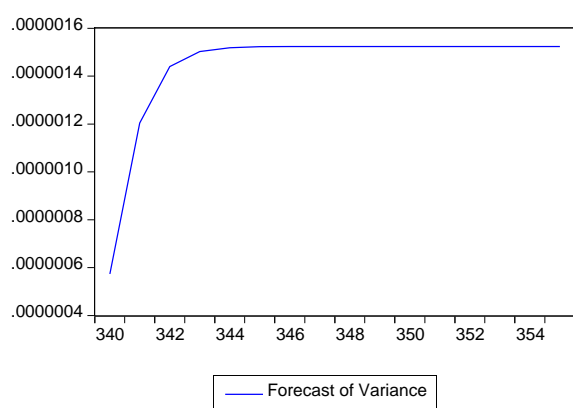


Рисунок 3.34 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю EGARCH(1,1)

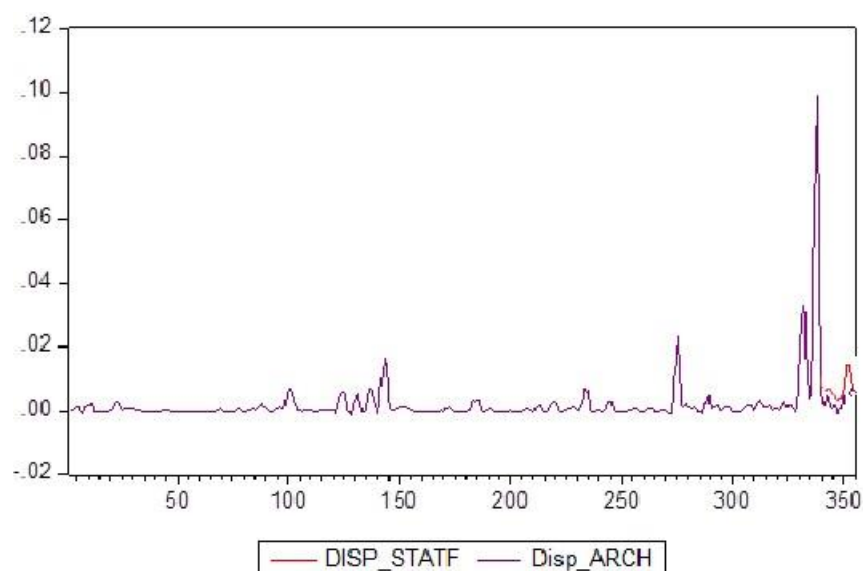


Рисунок 3.35 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю EGARCH(1,1)

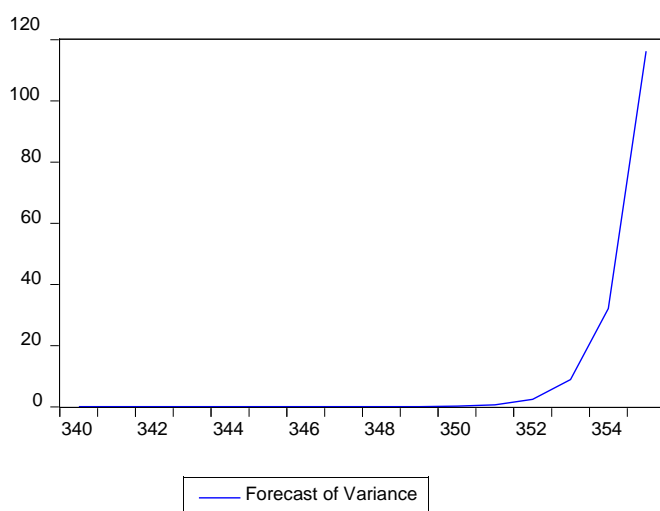
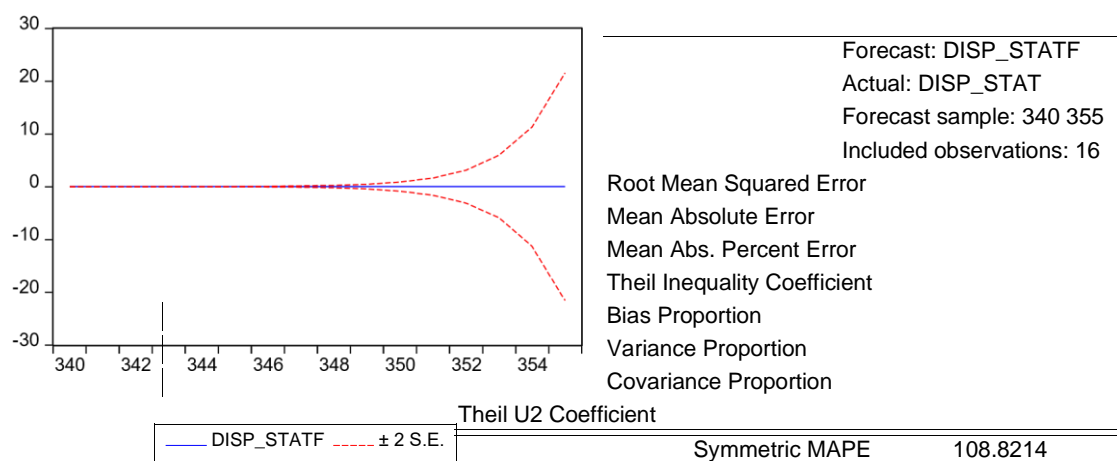


Рисунок 3.36 — Результати прогнозування дисперсії за моделлю GJR(1,1)

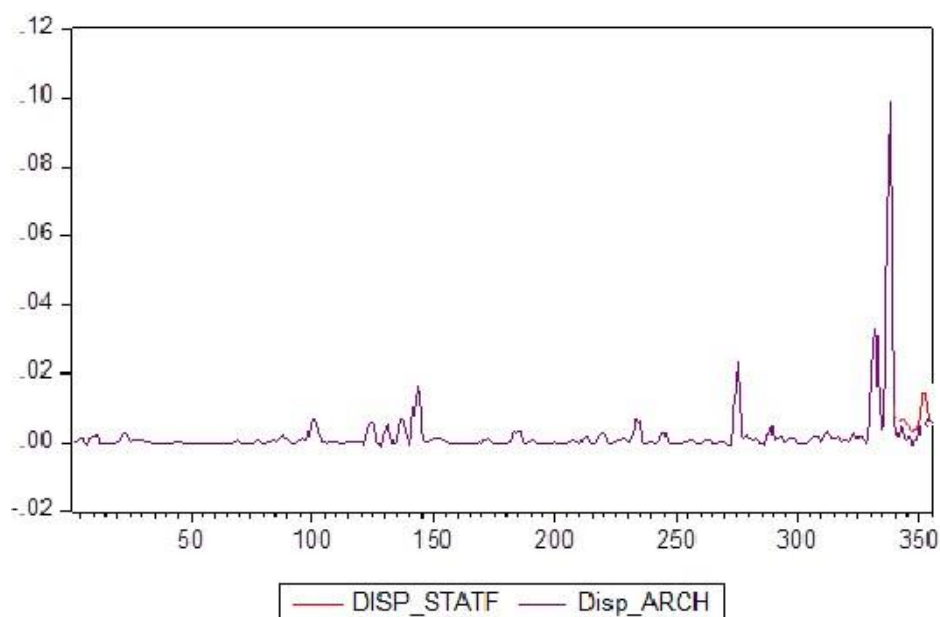


Рисунок 3.37 — Графік спрогнозованої дисперсії за моделлю GJR(1,1)

Таблиця 3.3 - Результати прогнозування волатильності для біотехнологічної компанії AMED

	MAE	MAPE	U
ARCH (1)	0.000091	46.84	0.21267
GARCH(1,1)	0.000086	43.54	0.18757
EGARCH(1,1)	0.000087	39.692	0.19314
GJR(1,1)	0.000084	44.337	0.20586
QGARCH (1,1)	0.000086	39.956	0.19389
AGARCH (1,1)	0.000083	39.652	0.19020

Отож, значення критеріїв якості прогнозування досить близькі для різних моделей. Найкращі результати прогнозування коефіцієнтом Тейла дала модель GARCH(1,1), а інші моделі близьки за досить значенням цього коефіцієнта. Варто відмітити досить непогані результати моделі EGARCH(1,1), а особливо враховуючи значення MAPE. При оцінюванні ризику за спрогнозованою волатильністю за рівнем довіри 95% усі моделі крім EGARCH мали лише одне перевищення, тобто 5%; модель EGARCH

перевищень не мала. При рівні довіри 99% усі моделі показали стовідсотковий результат.

А тепер підсумуємо вищесказане. За статистичними критеріями модель EGARCH та GJR надають найкращі результати, проте маємо враховувати практичну значимість побудованих моделей, тобто придатність до оцінювання насамперед ринкових ризиків. Так, не можна не виділити модель EGARCH. З огляду на результати наведені у таблиці 3.2 та на рисунках 3.22, 3.23, модель експоненційної узагальненої авторегресійної умовно гетероскедастичності- найбільш адекватна для поставленої задачі, оскільки вона не завищує оцінки ризикової вартості та максимально правдоподібно відображає динаміку процесу, що добре помітно при візуальній інтрепритації. Безперечно, переоцінити втрати краще, аніж їх недооцінити, однак це може призвести до надмірно обережних дій інвесторів та знизити їх можливий прибуток.

Було проведено побудову VaR прогнозування волатильності.

В таблицях 3.4 і 3.5 наведені результати бек-тестування та показники точності досліджених моделей відповідно. Модель ARCH показує велику міру неточності прогнозів, що пояснюється простотою її структури, яка не відображає реальної взаємодії змінних.

Таблиця 3.4 - Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Exxon Mobil (XOM, NYSE)

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(3) 99.28%	(0) 100%
EGARCH	(10) 97.7%	(4) 99.13%
GJR	(9) 98.59%	(1) 99.97%
QGARCH	(10) 97.7%	(3) 99.35%
AGARCH	(8) 98.09%	(2) 99.78%

Таблиця 3.5 – Волатильність прибутку акцій Exxon Mobil (XOM, NYSE)

Метод	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00043	2027,81	0,487
GARCH	0,00018	52,78	0,178
EGRCH	0,5045	5,56	0,037
GJR	0,841	10,93	0,054
QGARCH	0,839	10,98	0,051
AGARCH	0,602	6,17	0,042

Таблиця 3.6 показує, що моделі, застосовані до даних компанії Chevron Inc. (CVX, NYSE), показують аналогічний арактер поведінки до результатів, отриманих для Exxon Mobil. Найкращі показники у класичної моделі EGARCH. Модель стохастичної волатильності показує досить конкурентні результати, відстаючи від значень моделі EGARCH лиш на декілька пунктів. Таблиця 3.7 показує волатильність прибутку по диним акціям.

Таблиця 3.6 - Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Chevron Inc. (CVX, NYSE)

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(5) 98.93%	(0) 100%
EGARCH	(14) 96.84%	(6) 98.87%
GJR	(11) 97.69%	(2) 99.91%
QGARCH	(11) 97.18%	(4) 99.13%
AGARCH	(9) 98.59%	(3) 99.35%

Таблиця 3.7 – Волатильність прибутку по акціях Chevron Inc. (CVX, NYSE)

Method	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00061	146,474	0,996
GARCH	0,000145	26,334	0,234
EGARCH	0,715	9,27	0,0632
GJR	0,896	12,31	0,0649
QGARCH	0.763	12,69	0,0742
AGARCH	0,796	13,01	0,0798

На даних змін цін закриття акції BABA (Alibaba Holding Limited, NYSE) (таблиця 3.9) модель GJR також продемонструвала кращий результат за модель EGARCH, демонструючи при цьому точнішу оцінку прогнозу. Результати наведені в таблиці 3.8 - 3.11.

Таблиця 3.8 - Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Alibaba Holding Limited

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(4) 99.09%	(0) 100%
EGARCH	(19) 95.87%	(7) 98.46%
GJR	(13) 97.06%	(3) 99.32%
QGARCH	(14) 96.89%	(4) 99.13%
AGARCH	(21) 95.05%	(8) 98.23%

Таблиця 3.9 – Волатильність прибутку по акціях BABA

Method	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00078	166,7	0,819
GARCH	0,00022	28,32	0,226
EGARCH	0,4031	6,51	0,032
GJR	0,359	5,04	0,029
QGARCH	0,4398	7,04	0,048
AGARCH	0,3812	5,82	0,036

Таблиця 3.10 - Результати процедури бек-тестування для оцінки VaR за побудованими моделями для Pfizer Inc. (PFE, NYSE)

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	(0) 100%	(0) 100%
GARCH	(5) 98.54%	(0) 100%
EGARCH	(14) 96.67%	(6) 98.82%
GJR	(11) 97.61%	(2) 99.12%
QGARCH	(10) 98.11%	(4) 99.13%
AGARCH	(9) 98.59%	(3) 99.35%

Таблиця 3.11 – Волатильність прибутку по акціях Pfizer Inc. (PFE, NYSE)

Method	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,00022	141,011	0,998
GARCH	0,000134	23,144	0,23
EGARCH	0,795	9,13	0,0621
GJR	0,816	12,3	0,0637
QGARCH	0,715	9,27	0,0632
AGARCH	0,896	12,36	0,0649

Узагальнені результати обчислень наведені в таблицях 3.12 – 3.19.

Таблиця 3.12 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу ARCH

ARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000091	46.84	0.21267
Exxon Mobil	0,00043	2027,81	0,487
Chevron Inc.	0,00061	146,474	0,996
Alibaba Hold.Ltd	0,00078	166,7	0,819
Pfezer Inc.	0,00022	141,011	0,998
Mean:	0,0005	620,4988	0,8250

Таблиця 3.13 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу GARCH на навчальній множині

GARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000086	43.54	0.18757
Exxon Mobil	0,00018	52,78	0,178
Chevron Inc.	0,000145	26,334	0,234
Alibaba Hold.Ltd	0,00022	28,32	0,226
Pfezer Inc.	0,000134	23,144	0,23
Mean:	0,0002	32,6445	0,2170

Таблиця 3.14 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу EGARCH

EGARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000087	39.692	0.19314
Exxon Mobil	0,5045	5,56	0,037
Chevron Inc.	0,715	9,27	0,0632
Alibaba Hold.Ltd	0,4031	6,51	0,032
Pfezer Inc.	0,795	9,13	0,0621
Mean:	0,6044	7,6175	0,0486

Таблиця 3.15 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках моделі GJR

GJR OFF	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000084	44,337	0.20586
Exxon Mobil	0,841	10,93	0,054
Chevron Inc.	0,896	12,31	0,0649
Alibaba Hold.Ltd	0,359	5,04	0,029
Pfezer Inc.	0,816	12,3	0,0637
Mean:	0,7280	10,1450	0,0529

Таблиця 3.16 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках методу QGARCH

QGARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000086	39.956	0.19389
Exxon Mobil	0,839	10,98	0,051
Chevron Inc.	0.763	12,69	0,0742
Alibaba Hold.Ltd	0,4398	7,04	0,048
Pfezer Inc.	0,715	9,27	0,0632
Mean:	0,6646	9,9950	0,0591

Таблиця 3.17 – Порівняння точності оцінювання волатильності ціни акцій в рамках моделі AGARCH

AGARCH	MAE	MAPE	Theil
Amedisys	0.000083	39.652	0.19020
Exxon Mobil	0,602	6,17	0,042
Chevron Inc.	0,796	13,01	0,0798
Alibaba Hold.Ltd	0,3812	5,82	0,036
Pfezer Inc.	0,896	12,36	0,0649
Mean:	0,6688	9,3400	0,0557

Таблиця 3.18 – Зведена інформація про методи (усереднені значення статистичних параметрів оцінювання якості прогнозів)

	MAE	MAPE	Theil
ARCH	0,0005	620,4988	0,8250
GARCH	0,0002	32,6445	0,2170
EGARCH	0,6044	7,6175	0,0486
GJR	0,7280	10,1450	0,0529
QGARCH	0,55	15,99	0,0861
AGARCH	0,54	15,40	0,0826

Таблиця 3.19 - Зведена інформація про отримані оцінки VaR

	VaR 95%	VaR 99%
ARCH	100%	100%
GARCH	99.06%	100%
EGARCH	97.53%	98.96%
GJR	97.79%	99.78%
QGARCH	97,58%	99,34%
AGARCH	97,63%	99,28%

З узагальнення досліджених даних (таблиця 3.12) можемо виділити основні тенденції. В усіх випадках моделювання найгірші результати дає модель ARCH. Це найпростіша за своєю структурою модель. Найкращі результати отримали за моделлю EGARCH, а після можна виокремити модель GJR. Різниця показників моделей EGARCH та стохастичної волатильності незначна.

3.3 Висновки до розділу

У даній роботі були використані акції високотехнологічних компаній, представлені на найкрупніших біржах США та світу вцілому, з метою застосування методології оцінювання рин

Для застосування методології оцінювання ризику *VaR* на основі гетероскедастичних моделей динаміки їх волатильності у роботі використовується дані акцій, представлені на найбільших світових біржах NYSE та NASDAQ.

Побудова математичних моделей, як зазначалось у попередньому підрозділі, проводилась на прикладі «high-beta» акцій, представлених на найкрупніших фондових біржах США та світу загалом - NYSE та NASDAQ.

Для роботи з побудови математичних моделей використовувався спеціалізований пакет Econometric Views 9.5 Student Version та MS Excel.

Таким чином, за результатами обчислювальних експериментів найкращою виявилась модель EGARCH серед вибраних моделей, завдяки тому що вона включає переваги своїх попередників і враховує асиметричні ефекти фінансових процесів ціноутворення. Це виявлено у найкращому значенні усередненого показника MAPE (7,018%).

Модель GJR є кращою ніж більшість інших моделей за винятком експоненційної (усереднене значення MAPE 9,142%). У двох з п'яти випадків ця модель навіть показала кращі результати ніж експоненційна модель, щоправда різниця була незначною (значення MAPE 8,69% та 5,55% у експоненційної моделі проти значень 7,01% та 5,05% у моделі GJR, відповідно). Дещо гірший усереднений результат відображає той факт, що модель GJR ще розвивається і на сьогодні не випрацювана стандартна методологія застосування цієї моделі, яка може забезпечити найкращі результати прогнозування. Проте навіть зараз модель показує цілком прийнятні результати.

РОЗДІЛ 4 СТАРТАП

4.1 Опис ідеї проекту

Опис ідеї стартап проекту наведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Система підтримки прийняття рішень для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку США.	Надання інвесторам інформації про ймовірні фінансові ризики.	Інвесторам: допомога у прийнятті рішення щодо інвестування.
	Надання користувачам інструментів аналізу і прогнозування динаміки зміни торгових ризиків на фондовому ринку США.	Гравцям на біржі: допомога при розробці стратегії торгівлі на біржі, набору позиції на ринку.
		Фінансовим аналітикам і консультантам: економія часу при аналізі потенційних позицій на ринку, порівняння отриманих даних щодо фін. Ризику, розрахованих на основі різних моделей.

Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту продемонстровано у таблиці 4.2

Таблиця 4.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

№ п/п	Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Мій проект	prognoz.ru	Marginal.com			
1.	Ціна	Низька	Середня	Висока	+		
2.	Ефективність	Висока	Середня	Середня		+	
3.	Функціонал	Середній	Вузкий	Широкий			+

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Результати технологічного аудиту наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1.	Розробка системи підтримки прийняття рішень для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на фондовому ринку США.	Python	Наявна	Доступна
2.		MathLab	Наявна	Доступна
3.		MS Excel	Наявна	Доступна
Обрана технологія реалізації ідеї проекту: MS Excel				

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап проекту

Результати аналізу ринкових можливостей запуску стартап проекту наведено в таблицях 4.4 - 4.13.

Таблиця 4.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап проекту

№ п/ п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1.	Кількість головних гравців, од	2
2.	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	8500000
3.	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4.	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Важкодоступність певних даних
5.	Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	Немає
6.	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	30%

Таблиця 4.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1.	Потреба у єдиному джерелі даних, що впливають на динаміку котирувань цінних паперів.	Інвестори	Зацікавлені у своєчасній і якісній аналітиці	Вимоги до своєчасності і достовірності даних, що публікуються
2.		Трейдери	Потребують об'єктивну оцінку потенційних фінансових ризиків для формування позицій на ринку	
3.		Фінансові аналітики і консультанти	Потребують своєчасну інформацію для проведення аналізу	

Таблиця 4.6 – Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1.	Новий продукт	Потенційні користувачі з підозрою ставляться до нових продуктів	Поширення рекламної кампанії

Таблиця 4.7 – Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1.	Потреба у єдиному джерелі даних, що впливають на динаміку котирувань цінних паперів	Інвестори, трейдери та фінансові аналітики потребують ефективної платформи для аналізу потенційних можливостей і загроз на фондовому ринку	Задоволені інвестори, трейдери та фінансові аналітики

Таблиця 4.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
Тип конкуренції: олігополія	У сфері домінує невелика кількість подібних СППР	Поширення рекламної кампанії
За рівнем конкурентної боротьби: міжнаціональний	Наявна національна конкуренція	-
За галузевою ознакою: внутрішньогалузева	Наявна конкуренція в рамках одної галузі	-
Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Наявна конкуренція між схожими продуктами	Підвищення швидкості збору інформації, надання інструментів аналізу і прогнозування, збільшення кількості джерел інформації
За характером конкурентних переваг: нецінова	Наявна конкуренція завдяки розширенню бази даних та функціональних можливостей	Можливість вийти на ринок з недорогим продуктом
За інтенсивністю: немарочна	Наявна конкуренція, де роль торгової марки незначна	-

Таблиця 4.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні Конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товаризамінники
	prognoz.ru; Margincall.com	Доступ до каналів розподілу	Компанії на фондовому ринку, портали новин, банки	Швидкість надання інформації, її достовірність	Ціна
Висновки	Висока інтенсивність конкурентної боротьби з боку прямих конкурентів	Є можливості входу в ринок. Потенційних Конкурентів немає.	Постачальники є джерелами інформації для СППР.	Клієнти вимагають своєчасності та достовірності інформації.	Аналогічні Продукти конкурентів є дорогими, але їхній функціонал не є ширшим.

Таблиця 4.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проєктів значущим)
1.	Ціна	Ціна запропонованого продукту нижча за ціни конкуруючих, але при цьому функціонал та якість інформації не поступається програмним продуктам конкурентів.
2.	Ефективність	За рахунок забезпечення своєчасності, повноти і достовірності інформації СППР дає можливість оцінити поточний стан на ринку, об'єктивно оцінити фінансові ризики та відкрити максимально вигідні позиції на фондовому ринку США.
3.	Поріг входження	Так як у сфері не так багато аналогічних програмних продуктів, шанси увійти на ринок високі.

Таблиця 4.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/ п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з запропонованим продуктом						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1.	Ціна	13	+						
2.	Ефективність	17						+	
3.	Поріг входження	18							+

Таблиця 4.12 – SWOT аналіз стартап проекту

<u>Сильні сторони:</u> Ефективність продукту Необхідність продукту Ціна продукту	<u>Слабкі сторони:</u> Невідомість продукту Вузьконаправленість продукту
<u>Можливості:</u> Охоплення широкої аудиторії зацікавлених користувачів – інвесторів, фінансових аналітиків, трейдерів. Підвищення ефективності роботи користувачів за рахунок розширення функціональних можливостей.	<u>Загрози:</u> Можлива незацікавленість продуктом через його специфічність і часту недовіру клієнтів до нових продуктів.

Таблиця 4.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1.	Розробка програмного забезпечення та грамотна маркетингова програма	Велика	4-5 місяців

4.4 Розробка ринкової стратегії проекту

В таблицях 4.14 – 4.17 пов'язані з розробкою ринкової стратегії проекту.

Таблиця 4.14 – Вибір цільових груп потенційних клієнтів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Інвестори	Значна готовність	Високий	Низька	Середня
2.	Трейдери	Значна готовність	Високий	Низька	Висока
3.	Фінансові аналітики і консультанти	Значна готовність	Високий	Низька	Висока
Які цільові групи обрано: Інвестори, трейдери, фінансові консультанти та аналітики					

Таблиця 4.15 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку
1.	Розробка програмного забезпечення та грамотна маркетингова програма	За рахунок потреби в широкофункціональному продукті	Ефективність	Стратегія спеціалізації

Таблиця 4.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки
1.	Ні	Шукати нових споживачів і забирати існуючих у конкурентів	Буде розроблений продукт із ширшим функціоналом і повнішою інформаційною базою	Стратегія заняття конкурентної ніші.

Таблиця 4.17 – Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1.	Необхідність СППР з повною, достовірною і своєчасною інформацією та інструментарієм для аналізу ринку	Стратегія спеціалізації	Ефективність	Висока ефективність Простота у використанні

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап проекту

Результати розроблення маркетингової програми стартап проекту наведено в таблицях 4.18 – 4.22.

Таблиця 4.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Потреба в ефективному продукті	Пропонує ефективний продукт	Ефективність товару вище ніж ефективність товару конкурентів

Таблиця 4.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Система підтримки прийняття рішень для оцінки та прогнозування фінансових ризиків на основі різних моделей та підходів на фондовому ринку за США.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Мультиплатформенність 2. Зручний інтуїтивний інтерейс	-	-
	Якість: стандарти ефективності		
	Пакування: електронне розповсюдження		
	Марка: JMarketRisk		
III. Товар із підкріпленням	До продажу: -		
	Після продажу: технічна підтримка		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: захист інтелектуальної власності			

Таблиця 4.20 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товаризамінники	Рівень цін на товарианалоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1.	-	9500000- 63000000 грн.	30000+ грн.	10000-20000 грн.

Таблиця 4.21 – Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1.	Закупівля через інтернет	Підтримка нормального функціонування сайту	0	Електронне розповсюдженн я

Таблиця 4.22 – Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуютьс я цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонува ння	Завдання рекламного повідомленн я	Концепція рекламного звернення
1.	Потреба в ефективном у продукті	Інтернетмережі	Висока ефективніст ь Простота у використанн і	Провести якісну маркетингов у кампанію	Донести специфіку продукту

4.6 Висновки до розділу

Отже, існує можливість ринкової комерціалізації проекту, так як існує попит, наявна динаміка ринку та рентабельність роботи на маркеті. Звичайно, існують перспективи впровадження проекту з огляду на потенційні групи клієнтів, бар'єри входження, поточну конкуренцію та конкурентноспроможність стартапу. Рационально обрати альтернативу розробку програмного забезпечення та грамотну маркетингову програму для ринкової реалізації проекту. Вважаємо, що подальша імплементація проекту доцільна.

ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ І ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ризик супроводжує нас завжди. Будь-яким фінансовим рішенням завжди властива наявність ризику. Саме на фінансових ринках, а фондовому ринку зокрема, ризики проявляють себе максимально яскраво.

Головна запорука успіху та прибутковості від вкладених інвестицій на фондовому ринку – розуміння взаємозв'язку ризику та потенційного доходу. Одна з основних проблем фінансових установ - оцінка ринкових ризиків, які виникають при постійних випадкових змінах котувань, процентних ставок, курсів обміну валют чи інших ринкових показників.

При фінансовому аналізі, виникає потреба оцінити фінансові ризики до максимально допустимої межі.

Оцінювання рівня ризику – головний етап фінансового аналізу, бо щоб управляти ризиками потрібно першочергово провести аналіз та їх оцінку.

На сьогодні існують різноманітні технології оцінки ринкових ризиків. Наприклад, Value-at-Risk (VaR), Capital-at Risk, Maximum Loss та ін. Саме перша методологія набула максимальної популярності у фінансових колах. Це найбільш уніфікована міра ризику, визначена стандартами міжнародних організацій.

В даній роботі розглядалась загальна методологія моделювання й прогнозування нестационарних гетероскедастичних фінансових процесів, задіюючи статистичні дані та оцінювання ризикової вартості на основі отриманих результатів. Крім того, проводився огляд сучасних методів оцінювання фінансових, а ринкових зокрема, ризиків, а також моделювання та прогнозування нестационарних гетероскедастичних процесів. В ході дослідження ознайомились з основними критеріями якості при оцінці

моделей опису процесів та якості прогнозування. Цей матеріал став основним при аналізі отриманих результатів.

Такі критерії як коефіцієнт детермінації, інформаційних критерій Акайке, критерій суми квадратів похибок моделі та середньоквадратичної похибки, критерій Дарбіна–Уотсона, критерій Ханна-Куїна, критерій Шварца, стали основними критеріями оцінки якості побудованих моделей. Говорячи про аналіз результатів при прогнозуванні дисперсії моделей, то застосовувались такі критерії якості прогнозу як: MAPE, MAE, коефіцієнт Тейла. Параметри моделі оцінювались із застосуванням метода найменших квадратів.

Останній розділ даного дослідження був присвячен опису стартап – проекту та його детальному аналізу.

В подальших дослідженнях рекомендується оцінити параметри моделей за методом максимальної правдоподібності. Оцінити міру фінансового ризику з тошки іншого боку, застосувавши методології Earning-at-Risk(EaR), Economic value of equity (EVE). Провести стресс-тестування для шоківих випадків. Застосувати різні закони розподілу задля врахування ефекту «тяжких хвостів». Провести аналіз для короткострокових інвестицій. При дейтрейдингу та при торгівлі на after- / pre-market.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Кирюшкин В., Ларионов И. Основы риск-менеджмента: монографія. Москва: Анкил, 2009. 132 с.
2. Балабанов И., Балабанов И. Риск-менеджмент Финансы и статистика: монографія. Москва: Финансы и статистика 1996. 192 с.
3. Методичні вказівки з інспектування банків «Система оцінки ризиків». URL: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/v0104500-04>. (дата звернення: 05.11.2020).
4. Методичні рекомендації щодо організації та функціонування систем ризикменеджменту в банках України від 15.03.2004 URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/v0361500-04> (дата звернення: 05.11.2020).
5. Amendment to the Capital Accord to incorporate market risks. URL: <http://www.bis.org>.
6. Ульянова М. Управление рыночным риском. *Молодой ученый*. 2014. №21.2. С. 99-102.
7. Jorion Ph. Financial risk-management: Second edition. Hoboken, New Jersey: Wiley finance, 2003. 708 p.
8. Примостка Л., Чуб П., Карчева Т. Управління банківськими ризиками: монографія: КНЕУ, Київ, 2007. 600 с.
9. Giraitis L., Remigijus L., Surgailis D. Recent advances in ARCH modelling. *Econometric Theory*. 2013. №17. P. 608-631.

10. Бідюк П. І. Моделювання і прогнозування гетероскедастичних процесів. *Системні дослідження та інформаційні технології*. 2004. № 1. С. 115—134.
11. Застосування методу Монте-Карло при оцінюванні фінансових ризиків. URL: <https://sibac.info/studconf/econom/xxvii/40330> (дата звернення: 15.11.2020).
12. Еволюція мір ризику інвестиційного портфеля. Сучасні модифікації мір ризику VaR. URL: <http://www.beintrend.ru/evolution-var-value-at-risk> (дата звернення: 17.11.2020).
13. Ймовірнісні моделі аналізу ризиків. URL: https://www.cfin.ru/finanalysis/monte_carlo2.shtml (дата звернення: 20.11.2020).
14. Модель оценки и управления величины фондового риска. URL: <http://min.usaca.ru/uploads/article/attachment/1772> (дата звернення: 21.11.2020).
15. Моделювання за методом Монте-Карло. URL: http://www.palisade.com/risk/ru/monte_carlo_simulation.asp (дата звернення: 19.11.2020).
16. Основні принципи управління ризиком. URL: http://stud.com.ua/19854/strahova_sprava/osnovni_printsipi_upravlinnya_rizikom (дата звернення: 25.11.2020).
17. Поняття й класифікація фінансових ризиків. URL: <http://www.finansystam.ru/uk/content/ponyattya-y-klasifikaciyafinansovih-rizikiv> (дата звернення: 25.11.2020).
18. Бідюк П. І., Терентьев О. М., Просьянкіна-Жарова Т. І. Прикладна статистика: підручник. Вінниця: ПП «ТД» Едельвейс і К», 2013. 304с.

19. Пугачов О. М. Аналіз деяких моделей для прогнозування нестационарних процесів. *International scientific journal*. Київ, 2016. № 7. С. 197-200.
20. Engle F.R. Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Journal of the Econometric Society*. 1982. № 4. P. 987-1007.
21. Бідюк П. І. Методи прогнозування: в 2 т. Луганськ : Альма Матер, 2008. Т.1. 725 с.

ДОДАТОК А ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ

```

import numpy as np import matplotlib.pyplot
as plt import matplotlib.ticker as ticker import
mpl_finance from pandas import read_csv
import statistics from scipy.stats import
kurtosis, skew from statsmodels.stats.stattools
import jarque_bera import statsmodels

def main():
    quotes = read_csv(r'.\input.csv', ";", decimal=",")    quotes =
quotes[:200].sort_index(ascending=False).reset_index(drop=True)

    ma_21 = []
    ma_50 = []
    ma_100 = []
    profit_margin_list =
    []

    close_list = []

    for index, row in quotes.iterrows():

        profit_margin_list.append(round((row['Close'] - row['Open']) / row['Open'] *
100, 2))

    if len(close_list) >= 21:

```

```

        ma_21.append(round(sum(close_list[-21:]) / 21,
2))        if len(close_list) >= 50:
            ma_50.append(round(sum(close_list[-50:]) / 50,
2))        if len(close_list) >= 100:
            ma_100.append(round(sum(close_list[-100:]) / 100, 2))
else:
    ma_100.append(np.nan)
else:
    ma_50.append(np.nan)
ma_100.append(np.nan)    else:
    ma_21.append(np.nan)
ma_50.append(np.nan)
ma_100.append(np.nan)

    close_list.append(row['Close'])

    cumm_profit_margin_list = []    for i,
value in enumerate(profit_margin_list):
if i != 0:
    cumm_profit_margin_list.append(value + cumm_profit_margin_list[i-1])
else:
    cumm_profit_margin_list.append(value)

    fig, ax = plt.subplots(3, 2, sharex=True, figsize=(16, 8),
gridspec_kw={'height_ratios': [4, 1, 1],
                                'width_ratios': [4,
1]})    fig.subplots_adjust(hspace=0)    fig.set_frameon(False)

```



```

mpl_finance.candlestick2_ohlc(ax[0][0], opens=quotes['Open'],
highs=quotes['High'], lows=quotes['Low'],
                                closes=quotes['Close'], width=0.6, colorup='g')

xtime = quotes['Date'].tolist()
ax[0][0].xaxis.set_major_locator(ticker.MaxNLocator(24))

ax[0][0].grid(color='0.8', linestyle='-', linewidth=0.5)
ax[1][0].grid(color='0.8', linestyle='-', linewidth=0.5)
ax[2][0].grid(color='0.8', linestyle='-', linewidth=0.5)

legend_list = []
for i in range(3):
    line, = ax[0][0].plot([ma_21, ma_50, ma_100][i], '-', label=['MA 21', 'MA
50',
'MA 100'][i])
    legend_list.append(line)

def time_convert(x,
pos):
    if int(x) < 0:
return "
    try:
        return xtime[int(x)]
    except IndexError:
return "

x = np.arange(len(profit_margin_list))
ax[1][0].bar(x,
height=profit_margin_list, label='Profit margin')
ax[2][0].plot(cumm_profit_margin_list, '-', label='Cumm profit
margin')

```

```

ax[0][0].xaxis.set_major_formatter(ticker.FuncFormatter(time_convert))

fig.autofmt_xdate()
fig.tight_layout()
ax[0][0].legend()
ax[1][0].legend()
ax[2][0].legend()

gs = ax[0,
1].get_gridspec() #
remove the underlying axes
for ax in ax[:, -1]:
ax.remove()

axbig = fig.add_subplot(gs[1:, -1])
axsmall = fig.add_subplot(gs[:1, -1])

s_mean =
round(sum(profit_margin_list)/len(profit_margin_list), 4)
s_median = statistics.median(profit_margin_list) s_maximum =
max(profit_margin_list) s_minimum = min(profit_margin_list)
s_std_dev = round(statistics.stdev(profit_margin_list), 4) s_jb =
jarque_bera(profit_margin_list)
s_skewness = round(s_jb[2], 4)
s_kurtosis = round(s_jb[3], 4)
s_jb = round(s_jb[0], 4)

```

```

axsmall.axis('off')
axbig.hist(profit_margin_list, color='blue',
edgecolor='black', bins=int(180/5))

axsmall.annotate('Series: RATE_OF_RETURN \n\n'
'Mean: %s \n'
'Median: %s \n'
'Maximum: %s \n'
'Minimum: %s \n'
'Std. Dev.: %s \n'
'Skewness: %s \n'
'Kurtosis: %s \n\n'
'Jarque-Bera: %s' %(s_mean, s_median, s_maximum, s_minimum,
s_std_dev, s_skewness, s_kurtosis, s_jb), (0.1, 0.1))

plt.draw()
plt.waitforbuttonpress()

main()

```